

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE PRESENTE A
L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
ELYSE HARNOIS

REPARTITION DES RESSOURCES ALIMENTAIRES
CHEZ UNE GUILDE DE CINQ ESPECES DE POISSONS

JANVIER 1990

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

"On assemblage d'êtres qui ne sont point faits l'un pour l'autre et que Dieu unit malgré leur nature."

Voltaire (Lettres philosophiques)

RESUME

Nous avons étudié le partage des ressources alimentaires, au cours d'un été, entre cinq espèces de poissons occupant un même habitat. Nos objectifs étaient donc de 1) vérifier l'hypothèse de Schoener (1982), à savoir que l'intensité de la compétition interspécifique varie en fonction de l'abondance des ressources et 2), tenter d'expliquer le partage des ressources à partir des hypothèses de l'écomorphologie.

Pour ce faire nous avons quantifié les ressources disponibles dans le milieu et analysé les contenus stomacaux des poissons pour chacune des périodes d'échantillonnage soit de mai à août 1988. De plus, nous avons étudié certaines caractéristiques morphologiques reliées à la bouche et à la forme corporelle des poissons pour nous permettre de faire des relations quant aux différences qui existent dans le comportement alimentaire des cinq espèces à l'étude en fonction des proies disponibles.

Notre étude conclue que les interactions interspécifiques pour les quêtes alimentaires sont d'intensités variables. Nos résultats ont montré que les poissons se spécialisaient dans leur alimentation au mois de mai en fonction de la disponibilité des proies. C'est à

cette période que les densités des espèces-proies étaient minimales par rapport aux autres mois de l'été. La perchaude, la chatte de l'est, le queue à tache noire, le dard-perche et le méné d'argent occupaient des niches alimentaires distinctes. A partir du mois de juin, la spécialisation alimentaire tendait à diminuer lorsque la diversité et la densité des proies ont augmenté dans le milieu. Les espèces ont montré un plus grand spectre d'utilisation des ressources. Nous avons également noté une augmentation graduelle du pourcentage moyen du poids des larves de chironomidés dans le régime des poissons, du mois de mai au mois d'août, et plus particulièrement chez les perchaudes, les queues à tache noire et les dards-perches. De ce fait, nous avons observé un plus grand recouvrement des niches alimentaires entre les espèces en cause comparativement aux mois précédents. C'est à cette même période que nous avons noté un pic d'abondance de la densité de ces larves dans le milieu.

Selon nos résultats, il apparaît que les espèces ont convergé leur alimentation vers les larves de chironomidés en relation avec la densité de celles-ci.

L'ensemble de nos observations supportent l'hypothèse de Schoener (1982). Elles peuvent également nous laisser supposer que les espèces pourraient s'alimenter des proies qui leur sont les plus rentables. Les poissons tendraient possiblement à optimiser leur quête alimentaire selon leur

stratégie pour obtenir ses proies.

REMERCIEMENTS

Je tiendrais en tout premier lieu à remercier mon directeur de recherche, Monsieur Richard Couture D.Sc., pour son support financier, son appui constant et sa grande collaboration à la rédaction de ce mémoire.

Egalement, je suis reconnaissante à Monsieur Pierre Magnan Ph.D. pour les suggestions apportées suite à la lecture de ce mémoire. De plus, j'exprime mes remerciements à Monsieur Antoine Aubin Ph.D. qui a su me conseiller dans le domaine des statistiques et remédier à mes problèmes de conscience.

J'aimerais également remercier tous mes collègues du Laboratoire de Recherche sur les Communautés Aquatiques et M. Jean-Louis Benoît, technicien, dont la gentillesse et la disponibilité n'ont jamais fait défaut.

Mes remerciements vont également à l'Université du Québec à Trois-Rivières pour l'attribution d'une bourse d'étude fort appréciée.

TABLE DES MATIERES

| | Page |
|---|------|
| RESUME..... | ii |
| REMERCIEMENTS..... | v |
| TABLES DES MATIERES..... | vi |
| LISTE DES TABLEAUX..... | viii |
| LISTE DES FIGURES..... | xi |
| LISTE DES ANNEXES..... | xiii |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE | |
| 1. MATERIEL ET METHODES..... | 8 |
| Site d'étude..... | 8 |
| Période d'échantillonnage..... | 8 |
| Ressources alimentaires..... | 10 |
| Alimentation des poissons..... | 12 |
| Caractères morphologiques..... | 15 |
| 2. RESULTATS..... | 19 |
| Abondance relative des captures..... | 19 |
| Disponibilité des ressources alimentaires.... | 23 |
| Alimentation des poissons..... | 29 |
| i) mai..... | 29 |
| ii) juin..... | 32 |
| iii) juillet..... | 34 |

| | |
|---|----|
| iv) août..... | 37 |
| Recouvrement des niches alimentaires..... | 40 |
| Sélection de la taille des larves de chironomides..... | 43 |
| Morphologie..... | 46 |
| 3. Discussion..... | 51 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 62 |

LISTE DES TABLEAUX

| TABLEAUX | Page |
|---|------|
| 1. Nombre de poissons capturés et examinés par espèce, pour chacune des périodes d'échantillonnage, ainsi que leurs tailles moyennes, \pm un écart-type. Baie de Yamachiche, au lac Saint-Pierre, été 1988..... | 20 |
| 2. Autres espèces de poissons capturés (nombre/campagne d'échantillonnage) au site d'étude dans la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre, été 1988..... | 22 |
| 3. Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en mai 1988..... | 31 |
| 4. Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en juin 1988..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 5. Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en juillet 1988..... | 36 |
| 6. Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en août 1988..... | 39 |
| 7. Indices de recouvrement des niches alimentaires (indice de Schoener (1970)), entre les cinq espèces de poissons étudiés au lac Saint-Pierre, de mai à août 1988..... | 41 |
| 8. Comparaisons inter et intraspécifique des poids moyens ($\times 10^{-3}$) (± 1 ET entre parenthèses) des larves de chironomidés consommées par les quatre espèces de poissons ainsi que la biomasse relative moyenne ($\times 10^{-3}$ g) (± 1 ET entre parenthèses) et le nombre total de larves de chironomidés (entre crochets) retrouvées dans le milieu. Valeurs pour chacune des périodes d'échantillonnage (été 1988)..... | 44 |

9. Résultats des mesures effectuées sur les cinq
espèces de poissons. Valeurs moyennes des
données initiales (± 1 ET entre parenthèses). 48

LISTE DES FIGURES

| FIGURES | Page |
|--|------|
| 1. Localisation du site d'étude, baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre..... | 9 |
| 2. Représentation de certaines mesures effectuées sur les poissons..... | 16 |
| 3. Densité et biomasse (poids sec) du zooplankton (cladocères) échantillonné dans la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre, été 1988.. | 24 |
| 4. Densité et biomasse par mètre carré de neuf taxons d'invertébrés benthiques de la ressource, se retrouvant dans l'alimentation des poissons au cours de l'été 1988, à la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre..... | 26 |
| 5. Fluctuations en densité (nombre /m ²) et biomasse (x 10 ⁻³ g /m ²) de l'ensemble des ressources benthiques échantillonnées à la baie de Yamachiche, au lac Saint-Pierre à l'été 1988..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 6. Représentation de l'analyse discriminante, relation grandeur de bouche et surface rela- tive de la nageoire pectorale, pour les cinq espèces ichthyennes..... | 49 |
|---|----|

LISTE DES ANNEXES

ANNEXES

Page

1. Equations poids sec-longueur employées pour déterminer le poids des différents taxons retrouvés dans l'environnement et l'alimentation des poissons..... 71
2. Facteurs abiotiques relevés à chacune des périodes d'échantillonnage à l'été 1988. Baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre..... 72
3. Comparaisons des densités moyennes, nombre par mètre carré (± 1 ET entre parenthèses) pour l'ensemble de la ressource benthique (totalité) et pour chacun des neuf taxons d'invertébrés composant cette ressource et se retrouvant dans l'alimentation des poissons, au cours de l'été 1988, à la baie de Yamachiche au lac saint-Pierre..... 73
4. Biomasse moyenne par mètre carré (± 1 ET entre parenthèses) pour l'ensemble de la ressource benthique (totalité) et pour chacun

des neufs taxons d'invertébrés composant cette
ressource et se retrouvant dans l'alimentation
des poissons, au cours de l'été 1988, à la
baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre.....

INTRODUCTION

Jusqu'à une période récente, les études concernant l'alimentation des poissons mettaient seulement l'emphasis sur la variété des proies retrouvées dans les estomacs et on concluait que les poissons étaient soit des généralistes ou des spécialistes (Tyler 1972). Aucune relation n'était faite avec la disponibilité de la ressource dans le milieu. C'est depuis peu d'années que les chercheurs orientent leurs travaux dans l'optique où l'utilisation des ressources par les organismes a une influence sur la population et les interactions dans la communauté, sur la dynamique et la disponibilité de cette ressource dans l'écosystème (Ross 1986). Ce n'est que depuis les années 1960 que le terme «répartition des ressources» a été introduit dans la littérature scientifique (Toft 1985).

Les études de Nilsson (1960, 1963) et Zaret et Rand (1971) ont été les premières à démontrer que la répartition des ressources entre les poissons est maximale aux périodes où celles-ci se font rares. Ils ont donc constaté que des modifications des comportements alimentaires pouvaient se produire lorsqu'il y avait des variations au niveau de l'abondance des ressources. La répartition des ressources alimentaires dépend également des espèces ichthyennes présentent dans le milieu. C'est ainsi que Werner et Hall

(1976,1977,1979) ont montré une différence dans le régime alimentaire d'une population de Centrarchidés allopatriques par rapport à une population sympatrique. Ce phénomène de changement de niche a aussi été démontré par Magnan et FitzGerald (1982,1984), Post et Cucin (1984) et Tremblay (1987) après l'introduction d'une nouvelle espèce mieux adaptée pour l'exploitation des ressources que l'espèce autochtone.

Schoener (1982) a proposé l'hypothèse qui reconnaît à la fois l'importance de la compétition et des facteurs environnementaux dans l'organisation des communautés. Cette hypothèse stipule que, pendant les périodes de rareté, un bas niveau des ressources alimentaires par exemple, les pressions de sélection résultant de la compétition produisent des adaptations qui permettent aux espèces d'utiliser des ressources différentes. Par ailleurs, pendant les périodes d'abondance, les espèces utilisent les mêmes types de ressources, c'est-à-dire celles qui apportent le meilleur apport énergétique en tant que coût/bénifice. Cette convergence vers une même ressource est due à 1) la réduction du coût de déplacement d'un point d'alimentation (patch) à un autre, la ressource en question étant plus abondante et 2), certains types de proies sont intrinsèquement plus profitables en terme d'énergie nette donnée par unité de temps de manipulation. Alors, lorsque ces organismes-proies sont en abondance, ils peuvent être

consommés par plus d'une espèce simultanément (Schoener 1982). L'hypothèse de Schoener suggère donc que l'intensité de la compétition pour l'obtention des espèces-proies, varie selon l'abondance de ces dernières dans l'environnement. A l'exception des travaux de Lammens et al. (1985) qui ont comparé l'alimentation de leurs espèces et les ressources disponibles dans le temps, très peu d'études ont présenté l'intensification de la compétition pendant les périodes de faible abondance des ressources (Tremblay 1987).

Les objectifs de ce mémoire ont donc été de 1) vérifier l'hypothèse de Schoener (1982), i.e. l'intensité de la compétition interspécifique, tel qu'estimée par les patrons d'utilisation des ressources, varie en fonction de l'abondance de ces ressources et 2), tenter d'expliquer le partage des ressources à partir des hypothèses de l'écomorphologie.

Pour répondre au premier objectif de cette étude nous avons déterminé quel est le partage des ressources alimentaires, en fonction des différentes périodes d'abondance de celles-ci, entre cinq espèces d'une communauté occupant un même habitat. Alors plus spécifiquement nous avons vérifié si les espèces utilisaient les mêmes types de proies lorsque ces dernières se présentaient en abondance dans le milieu et dans le cas où la densité des ressources était faible, si les espèces s'alimentaient de proies différentes.

Pour ce faire nous avons quantifié les ressources disponibles dans le milieu selon la diversité, la quantité et la taille des organismes. Nous avons comparé les fluctuations de l'abondance mensuelle (densité et biomasse) de chacun des taxons. Parallèlement, la nourriture ingérée par les poissons a été analysée pour chacune des périodes d'échantillonnage. Par différentes relations il nous a été possible de vérifier la sélection de la taille des proies par les poissons, et de comparer la biomasse et la densité des organismes ingérés par rapport à ce qui était disponible dans le milieu. Et finalement pour répondre au deuxième objectif, nous avons tenté d'expliquer les différentes habitudes alimentaires des cinq espèces étudiées par l'étude de certaines caractéristiques morphologiques de la bouche et du corps qui peuvent influencer le comportement alimentaire. Cette relation a été effectivement montré par Keast et Webb (1966) pour différentes espèces ainsi que par Lavin et McPhail (1986) et Ibrahim et Huntingford (1988) chez des épinoches à trois épines (Gasterosteus aculeatus).

Nous avons considéré la répartition des ressources comme étant toutes différences substantielles dans l'utilisation des ressources entre des espèces coexistantes. Ces différences peuvent être dûes à plusieurs facteurs, la compétition en étant un parmi les autres (revue de Ross 1986). Par ce partage des ressources les espèces auront différentes niches alimentaires.

Plusieurs auteurs ont défini le concept de niche sous plusieurs aspects. Dans cette étude la niche a été définie comme étant les ressources utilisées par l'espèce, l'endroit où elle les trouve et la stratégie permettant leur exploitation. Cette définition de Diamond (1978) s'avère simple, explicite et permet l'incorporation de variables biotiques et abiotiques propres à chaque espèce (Tremblay 1987).

Nous avons également utilisé les indices de recouvrement des niches alimentaires qui sont des outils pour évaluer le niveau de ségrégation des niches. Le degré de recouvrement des niches est aussi influencé par la disponibilité, la distribution et l'abondance des ressources (Colwell et Futuyma 1971). Ainsi les espèces animales vont changer de niche selon l'importance en terme de quantité et de qualité de la ressource. Selon Tremblay (1987), les espèces animales ont tendance à éviter ou diminuer l'intensité de la compétition en effectuant des déplacements de niche écologique.

Le choix inné ou acquis que pose le prédateur pour orienter ses quêtes alimentaires fait appel à la théorie de l'alimentation optimale qui est complexe en soi, plusieurs aspects y sont impliqués (voir revue de Pykes 1984). Dans notre étude, le modèle qui est impliqué de cette théorie est "l'exploitation des parcelles". C'est-à-dire que le prédateur est confronté à une problème qui est lié à

l'hétérogénéité de la distribution des proies: les proies sont rarement réparties uniformément dans l'environnement mais se trouvent plus ou moins groupées en parcelles (Charnov 1976, Heller 1980).

Selon ces mêmes auteurs, un prédateur optimal devrait donc chasser préférentiellement dans les parcelles les plus rentables, et ne visiter les parcelles moins rentables seulement quand l'habitat offre une densité et qualité moindre des espèces-proies privilégiées. La rentabilité d'une espèce-proie étant inversement proportionnelle au temps consacré par le prédateur à sa poursuite, capture et ingestion (Cloarec 1982).

Après une étude préliminaire, un habitat riverain du lac Saint-Pierre nous est apparu, pour diverses raisons mentionnées plus loin, comme étant l'habitat souhaitable pour entreprendre ce projet de maîtrise. La communauté ichthyenne retrouvée, qui peut se définir comme une guild, (i.e. un ensemble d'espèces exploitant localement un même type de ressource, Barbault (1981)) est composée par la perchaude (Perca flavescens Mitchill), la chatte de l'est (Notemigonus chrysoleucas Mitchill), le queue à tache noire (Notropis hudsonius Clinton), le dard-perche (Percina caprodes Rafinesque) et le méné d'argent (Hybognathus nuchalis Agassiz). L'étude porte que sur les poissons de la classe juvénile, c'est-à-dire d'un an plus (définition dans la section suivante). Selon Scott et Crossman (1974), ces

espèces peuvent s'alimenter des mêmes types de proies et par conséquent entrer en compétition pour la nourriture. En général, les espèces sympatriques non exploitées commercialement ou de façon sportive ont reçu moins d'attention et, il va sans dire, que la documentation sur leur biologie se fait rare. La plupart des recherches existantes sont concentrées sur une espèce, les autres membres de la communauté étant regardés comme prédateurs ou proies potentielles. L'approche visant à étudier la communauté comme telle n'a pas été adoptée fréquemment dans le cas de ces espèces.

Pour comprendre l'organisation fonctionnelle de la guildes, nous avons comparé les spectres d'utilisation des ressources des diverses espèces en présence. C'est une approche directe des modalités de partage des ressources. Ici, les espèces étudiées nous intéressent parce qu'elles peuvent utiliser des stratégies différentes pour obtenir leur nourriture, et non pour le groupe taxonomique auquel elles appartiennent.

CHAPITRE 1

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

La zone d'étude s'étendait sur près d'un hectare et se situait dans la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre, Québec (46° 15'N, 72° 50'W) (figure 1). Le milieu physique de l'aire étudiée se caractérisait par un substrat sableux et par l'absence de macrophytes. L'habitat était homogène en tant que profondeur, substrat, conditions hydrodynamiques et physico-chimiques. La superficie échantillonnée correspondait à environ 2000 m².

Période d'échantillonnage

L'échantillonnage a débuté après la période de la crue printanière, et s'est poursuivi jusqu'à la fin de l'été, à raison d'une fois par mois. Les prises de données ont été effectuées les 30 mai, 28 juin, 27 juillet et 25 août.

A chacune des campagnes d'échantillonnage nous avons noté, pour des fins de comparaisons, la température de l'eau et les conditions climatiques telles la température de

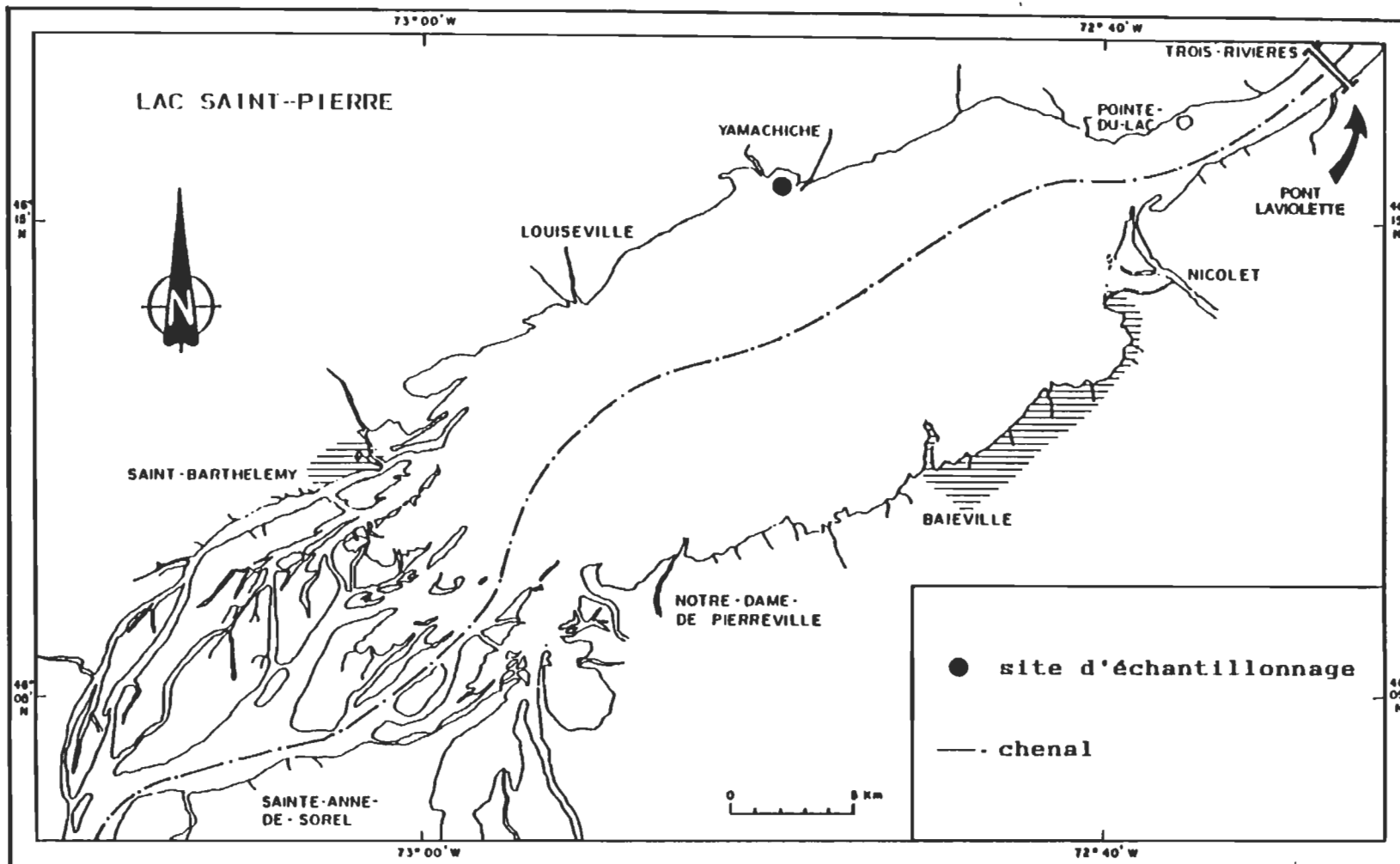


Figure 1: Localisation du site d'étude, baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre.

l'air, l'ensoleillement et le vent. Dans une étude préliminaire (été 1987), nous avons constaté que le succès de pêche dans cette aire d'étude ne variait pas selon l'heure de la journée.

Ressources alimentaires

Le but de l'étude étant de mettre en relation l'alimentation des espèces étudiées et les ressources disponibles, nous avons utilisé différentes stratégies complémentaires d'échantillonnage. Le phytoplancton et le zooplancton ont été échantillonnés à l'aide d'un filet Wisconsin (80 μ). Comme il s'agit d'une zone peu profonde (1,0 à 1,5 m), les échantillons ont été pris au centre de la colonne d'eau sur trois transects d'une longueur de dix mètres chacun et préservés dans une solution d'éthanol 95%. Au laboratoire, les échantillons étaient filtrés puis ramenés à un volume de 60 millilitres d'eau. Ensuite, trois sous-échantillons d'un millilitre par échantillon étaient analysés. Le zoobenthos fut prélevé à l'aide d'une benne Ekman standard de 231 cm². Sur le terrain, les échantillons ont été tamisés avec un tamis no 30 U.S. et fixés dans une solution de formol 10%. Nous avons fait dix prélèvements de benthos au hasard à chacune des périodes d'échantillonnage.

Au laboratoire, tous les organismes étaient identifiés

à l'ordre ou à la famille et comptés. La longueur totale (mm) et/ou la largeur de la capsule céphalique (mm) ont été mesurées sur chacun des organismes, afin de déterminer le poids sec (g) par des relations linéaires simples poids sec-longueur tirées de Lawrence et al. (1987) et de Tremblay (1987), pour le plancton et le benthos respectivement (équations à l'annexe 1). L'ensemble des poids individuels ainsi calculé a servi à la détermination de la biomasse.

Une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification suivie d'un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls (SNK) ont été appliqués afin de déterminer si la densité moyenne mensuelle de l'ensemble des organismes et pour chacun des taxons différait au cours de l'été. Les données n'obéissant pas aux lois de la normalité et d'homogénéité des variances, ont été transformées en $\log(x+1)$ et analysées avec un test de Kolmogorov-Smirnov et Fmax (Sokal et Rohlf 1981). Enfin, un test non-paramétrique (Kruskal-Wallis), suivi d'un test de comparaisons multiples (Tukey), ont été appliqués aux données afin de comparer la biomasse moyenne entre les différents mois de l'été 1988 (Zar 1984). Les traitements statistiques des données ont été réalisés par le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Science); Nie et al. (1975) et Norusis (1983).

Alimentation des poissons

Pour la capture des poissons, nous avons utilisé une seine de rivage (50 x 2 m). La zone d'étude se prêtait bien à l'utilisation de cet engin et son efficacité avait été démontrée lors de notre étude préliminaire. Le même effort de pêche (surface inventoriée) a été fourni pour les cinq périodes d'échantillonnage. Nous classions les prises selon trois stades de développement en fonction de la taille, soit; les alevins (premier été) dont la taille est en général moins de 50 mm et qui sont facilement reconnaissable par leur aspect légèrement translucide, les juvéniles (deuxième été) qui ont plus de 50 mm et les adultes dont la taille atteint dès le début de l'été, à peu près plus de 95 mm pour l'ensemble des espèces. Les poissons de la classe juvénile capturés, étaient anesthésiés avec de l'alcool amylique tertiaire pour éviter toute régurgitation, et fixés au formol 10%. L'intérêt d'étudier les individus de la classe juvénile résidait dans le fait que ces poissons s'alimentaient à la fois de plancton et de benthos. Ce qui, en relation hypothèse de base à vérifier, l'étude de plus d'un niveau trophique s'avérait plus complémentaire dans la dynamique du système. Les alevins, sont pour la plupart planctonophages à ce stade (Scott et Crossman 1974). Cette situation ne nous permettait pas d'obtenir toute l'information nécessaire comme expliqué précédemment. De

plus, selon Mark et al. (1987), la composition du régime alimentaire des Cyprinidés durant les premières semaines après l'éclosion, est fortement influencée par la disponibilité de proies spécifiques dans la ressource. Durant cette période les organes des sens et la musculature natatoire des poissons ne sont pas complètement développées (Blaxter 1986, Batty 1984, Hinterleitner et al. 1987), l'alimentation est alors assumée en partie au hasard et non dirigée. Le rapport numérique entre chaque espèce de poisson fut noté dans le but de déterminer la proportion entre les effectifs de la communauté et les fluctuations au cours de la période d'étude.

Les poissons ont été mesurés au millimètre près (longueur totale) et les contenus stomacaux de 20 individus par espèce ont ensuite été analysés au laboratoire. Nous avons compté et identifié les organismes à l'ordre ou à la famille selon le cas. De plus, la longueur totale des types de proies et/ou la largeur de la capsule céphalique étaient mesurées à la loupe binoculaire munie d'un micromètre oculaire. L'attribution d'un poids à chacun des organismes ingérés a été effectuée de la façon décrite dans la section précédente (relations poids-longueur tirés de Lawrence et al. (1987) et Tremblay (1987)).

Les résultats de l'analyse des contenus stomacaux ont été compilés selon les méthodes des fréquences numériques et des pourcentages moyens du poids des proies (Hyslop 1980,

Walsh et FitzGerald 1984a). Les résultats de cette dernière méthode nous ont permis de déterminer, par l'indice de Schoener (1970), le degré de recouvrement des niches alimentaires.

$$\alpha = 1 - 0.5 (\sum |P_{xi} - P_{yi}|)$$

où

α : indice de recouvrement

P_{xi} : est la proportion de la ressource i du poisson x .

P_{yi} : est la proportion de la ressource i du poisson y .

Cet indice varie de 0, lorsque le régime alimentaire des espèces ne contient aucune proie en commun à 1, lorsqu'il est identique. Cet indice serait le meilleur estimateur des recouvrements compris entre 7 et 85% (Linton et al. 1981) et plus adéquat, comparativement aux autres indices, dans la situation où une catégorie de proie n'est utilisée que par une des espèces (Wallace 1981).

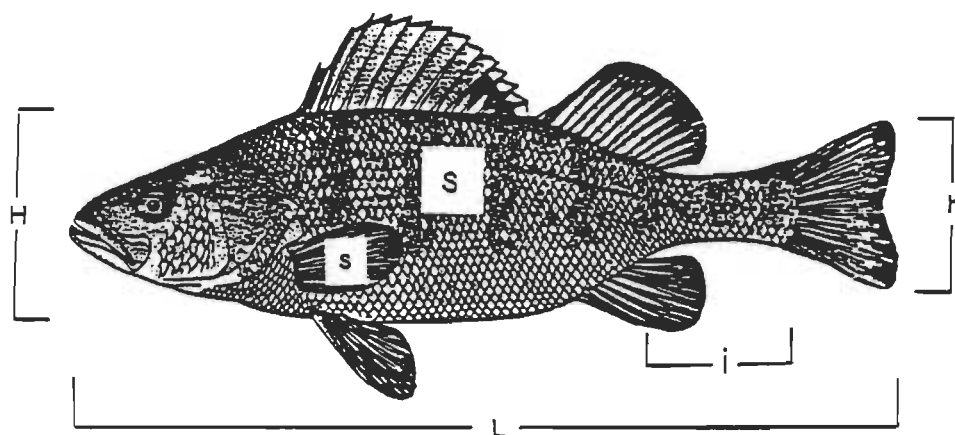
Une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification suivie d'un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls (SNK) ont été utilisés afin de déterminer si la répartition de la taille des proies ingérées, entre les espèces de poissons étudiées ou pour une même espèce, s'avérait différente et ce, pour chacun des mois ou pour la période estivale. Nous avons effectués ces tests statistiques sur les tailles moyennes des larves de

chironomidés consommées parce que celles-ci se retrouvaient dans l'alimentation des quatre espèces de poissons à certaines périodes. Les données initiales ont été transformées en $\log (x + 1)$, celles-ci ne suivant pas les lois de normalités et d'homogénéité des variances.

Caractères morphologiques

Nous avons examiné six caractéristiques morphologiques sur les cinq espèces de poissons étudiées. Trois de ces caractéristiques sont en relation avec la forme du corps; la longueur relative du pédoncule caudal, la surface relative de la nageoire pectorale et le rapport entre la hauteur de la nageoire caudale et la hauteur du corps du poisson (figure 2). Les trois autres caractéristiques sont reliées à la structure de la bouche soit: la position, la hauteur et la largeur.

Tous les caractères morphologiques sauf un, ont été mesurés au 0,1 mm près à l'aide d'un vernier. Pour la surface relative de la nageoire pectorale, qui est en fait un rapport de surface entre la nageoire pectorale et le corps du poisson, il était plus avantageux et précis d'utiliser une tablette graphique (Houston Instrument modèle TG 1011) associée à un programme Basic. Toutes les mesures ont été prises sur 20 individus par espèce et effectuées comme spécifiées par Gatz (1979).



CARACTERES MORPHOLOGIQUES

FORMULES

longueur relative du pédoncule caudal

i/L

surface relative de la nagoire pectorale

s/S

hauteur caudale/ Hauteur corps du poisson

h/H

Figure 2 : Représentation de certaines mesures effectuées sur les poissons.

Les caractéristiques morphologiques du corps nous donnent une indication quant à la manoeuvrabilité et l'habilité à la natation du poisson (Paine 1982). La longueur relative du pédoncule caudal est associée directement avec l'habilité à la nage, c'est-à-dire à poursuivre des proies actives (Kanep 1971). Le rapport entre la hauteur de la nageoire caudale et la hauteur du corps du poisson est directement proportionnelle à la vitesse de la nage (Aleev 1969). La capacité d'arrêt de la nage et le maintien en position est en relation directe avec la surface relative de la nageoire pectorale (Gosline 1971). Selon Gatz (1979), plus la surface relative de la nageoire pectorale est grande plus on associe l'espèce à un habitat benthique.

Les caractéristiques de la structure de la bouche nous donnent des indications sur la grosseur et le type de proies potentielles (Paine 1982). La position de la bouche telle que définie par Gatz (1979) nous renseigne sur la localisation possible de la nourriture consommée par le poisson (Aleev 1969). Schutz et Northcote (1972) après expérimentation ont supporté cette interprétation. Ils ont trouvé que le dolly varden (Salvelinus malma) qui a une bouche subterminale, était plus efficace pour s'alimenter sur le fond que la truite fardée (Salmo clarki clarki) qui a une bouche terminale. La largeur et la hauteur relative de la bouche nous informent sur la taille des proies

consommées. Ceci a été démontré par Werner (1974) pour Lepomis cyaneus et L. macrochirus.

Les différences morphologiques interspécifiques ont été analysées avec une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification, et suivie d'un test de comparaisons multiples Student-Newman-Keuls (SNK) suite à une transformation logarithmique des données relatives. Une analyse discriminante a aussi été appliquée sur les cinq caractères morphologiques quantifiés afin de qualifier les espèces dans leur ensemble.

CHAPITRE 2

RESULTATSAbondance relative des captures

Pratiquement les mêmes conditions climatiques ont été observées d'une campagne d'échantillonnage à l'autre, soit un ciel nuageux et un vent faible de l'ouest. La température de l'eau dans ses extrêmes a atteint 15 °C en mai et 19 °C au mois de juillet (annexe 2). Le niveau de l'eau a cependant varié d'une période d'échantillonnage à l'autre, mais la profondeur où fut faite l'échantillonnage est demeurée constante et toujours dans le même habitat.

Il nous a été impossible de capturer des spécimens des cinq espèces étudiées à chacune des périodes d'échantillonnage. La densité des espèces, leur longueur moyenne et l'écart-type sont inscrits au tableau 1.

La perchaude et le queue à tache noire sont les espèces les plus abondantes avec des effectifs, pour toute la période d'étude, de 153 et 157 individus respectivement. Ensuite viennent le méné d'argent et la chatte de l'est avec des effectifs presque de la moitié des deux espèces précédentes. Nous avons capturé 76 ménés d'argent et 80 chattes de l'est au cours de cette étude.

Tableau 1: Nombre de poissons capturés et examinés par espèce, pour chacune des périodes d'échantillonnage, ainsi que leurs tailles moyennes \pm un écart-type. Baie Yamachiche, lac Saint-Pierre, été 1988.

| Espèces | Nombre capturé | Nombre examiné | Long. \bar{x} (mm) | Ecart- type (mm) |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|
| 30 MAI | | | | |
| Perchaude | 42 | 20 | 74,7 | 7,0 |
| Chatte de l'est | 25 | 20 | 62,8 | 11,8 |
| Queue à tache noire | 70 | 20 | 70,2 | 8,4 |
| Dard-perche | - | - | - | - |
| Méné d'argent | 24 | 10 | 64,2 | 7,5 |
| 28 JUIN | | | | |
| Perchaude | 52 | 20 | 91,1 | 6,0 |
| Chatte de l'est | 43 | 20 | 76,2 | 9,2 |
| Queue à tache noire | 66 | 20 | 70,9 | 6,0 |
| Dard-perche | 13 | 10 | 62,0 | 3,6 |
| Méné d'argent | 20 | 10 | 68,5 | 3,6 |
| 27 JUILLET | | | | |
| Perchaude | 43 | 20 | 93,1 | 4,3 |
| Chatte de l'est | - | - | - | - |
| Queue à tache noire | 11 | 10 | 76,2 | 5,5 |
| Dard-perche | 10 | 10 | 96,5 | 6,2 |
| Méné d'argent | 32 | 10 | 59,7 | 7,1 |
| 25 AOUT | | | | |
| Perchaude | 16 | 15 | 95,7 | 3,7 |
| Chatte de l'est | 12 | 10 | 88,3 | 6,8 |
| Queue à tache noire | 10 | 10 | 76,5 | 2,9 |
| Dard-perche | 11 | 10 | 97,7 | 5,8 |
| Méné d'argent | - | - | - | - |

Enfin, l'espèce la moins abondante est le dard-perche avec 34 individus au total. La perchaude et le queue à tâche noire étaient présents à toutes les périodes d'échantillonnage. En ce qui concerne les trois autres espèces, aucun dard-perche n'a été capturé au mois de mai, aucun méné d'argent en août et aucune chatte de l'est en juillet.

Nous avons capturé d'autres espèces de poissons que celles sujettes à l'étude. Parmi ces espèces, nous retrouvions, en faible quantité, et à l'une ou l'autre des campagnes d'échantillonnage (tableau 2), le méné émeraude (Notropis atherinoides Rafinesque), le raseux de terre (Etheostoma nigrum Rafinesque), le crapet soleil (Lepomis gibbosus Linné), la couette (Carpiodes cyprinus Lesueur), le museau noir (Notropis heterolepis Eigenmann et Eigenmann), l'omisco (Percopsis omiscomaycus Walbaum), et le doré noir (Stizostedion canadense Smith). Ce dernier pourrait être un prédateur potentiel sur les autres espèces, mais sa taille (70 à 90 mm) lui permet, selon Scott et Crossman (1974), de se nourrir tout au plus d'alevins. Nous avons assumé que la faible densité de ces espèces (même si on considère l'ensemble de celles-ci) n'a pas influencé ou très peu le comportement alimentaire des cinq espèces dominant l'habitat. L'ensemble constitue moins de 15% par rapport aux autres espèces étudiées.

En résumé, la densité des poissons, pour un même effort

Tableau 2: Autres espèces de poissons capturés (nombre/campagne d'échantillonnage) au site d'étude dans la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre, été 1988.

| ESPECES | PERIODES D'ECHANTILLONNAGE | | | | TOTAL |
|-----------------|----------------------------|------|-------|------|-------|
| | MAI | JUIN | JUIL. | AOUT | |
| méné émeraude | 16 | 8 | - | - | 24 |
| doré noir | 2 | 4 | 3 | 3 | 12 |
| crapet soleil | 1 | - | 9 | - | 10 |
| museau noir | - | - | 7 | - | 7 |
| omisco | - | - | 6 | 1 | 7 |
| couette | - | - | 6 | - | 6 |
| raseux de terre | 1 | 2 | - | 2 | 5 |

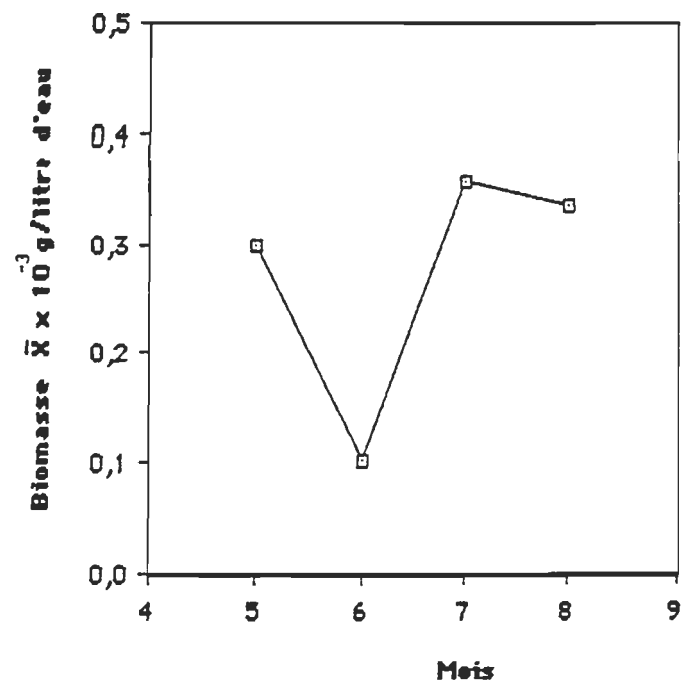
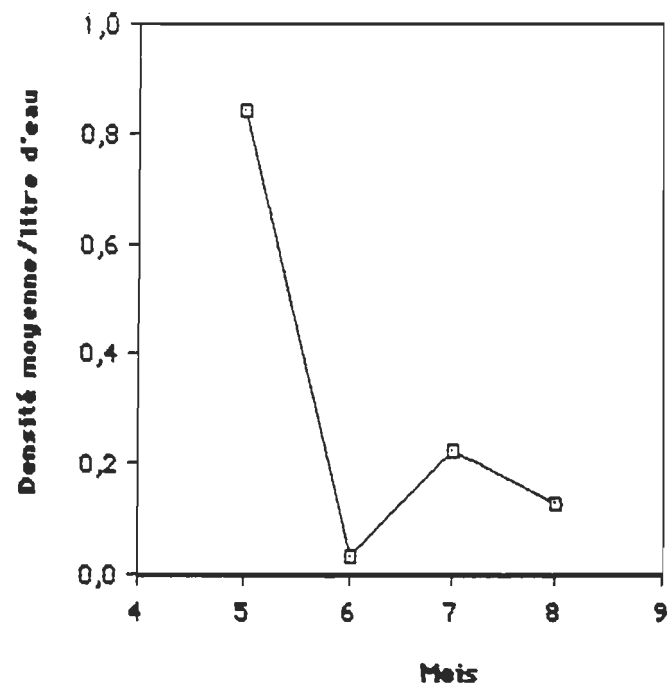
de pêche d'une période d'échantillonnage à l'autre, se maintien en mai et juin, par la suite, les effectifs diminuent à chacun des mois. Les longueurs moyennes des poissons augmentent au cours de l'été. L'augmentation des tailles correspond à une croissance progressive des individus.

Disponibilité des ressources alimentaires

Les résultats concernant le plancton sont présentés à la figure 3. Le zooplancton est représenté par les cladocères et principalement par le genre Bosmina sp. Nous remarquons que la densité et la biomasse suivent le même patron de variations. La biomasse du zooplancton est cependant plus importante en juillet qu'en mai, bien que la densité à cette période est plus élevée qu'en juillet. Un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls ($P < 0,001$), confirme que la densité de mai est supérieure à celles de tous les autres mois. Les résultats des densités et biomasses du phytoplancton n'apparaissent pas ici parce que cette ressource n'est pas retrouvée comme composante dans l'alimentation des poissons, sauf pour le méné d'argent. Donc l'importance d'identifier précisément et de quantifier cette ressource ne se justifiait pas en rapport avec l'hypothèse de base à vérifier.

Figure 3

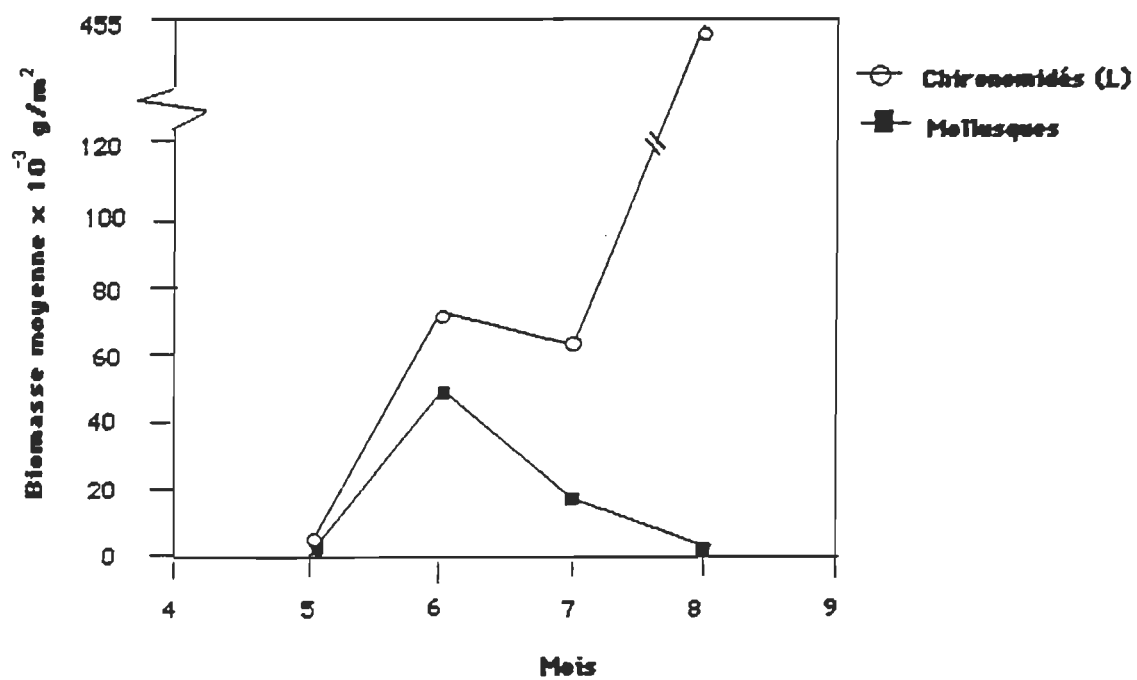
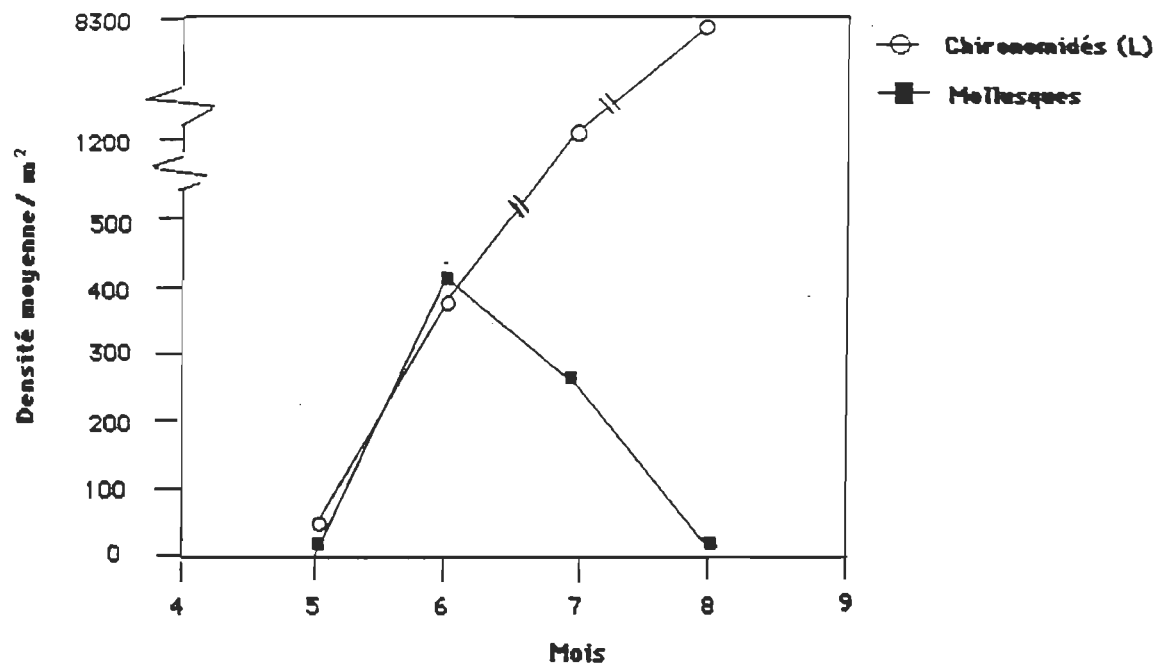
Densité et biomasse (poids sec) du zooplancton (cladocères)
échantillonné dans la baie de Yamachiche au lac Saint-
Pierre, été 1988.

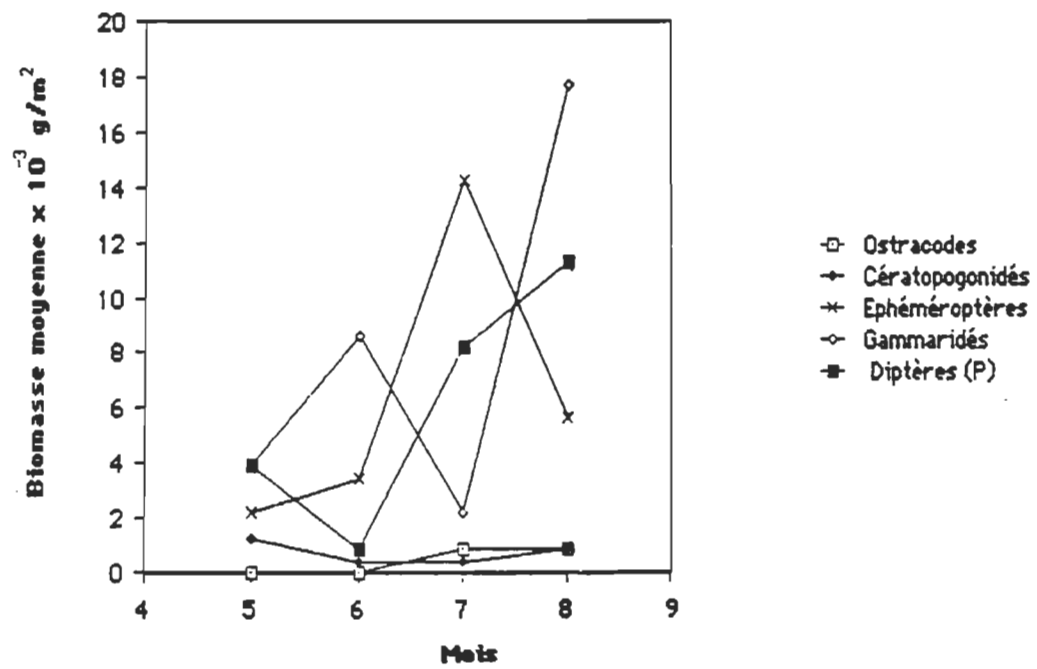
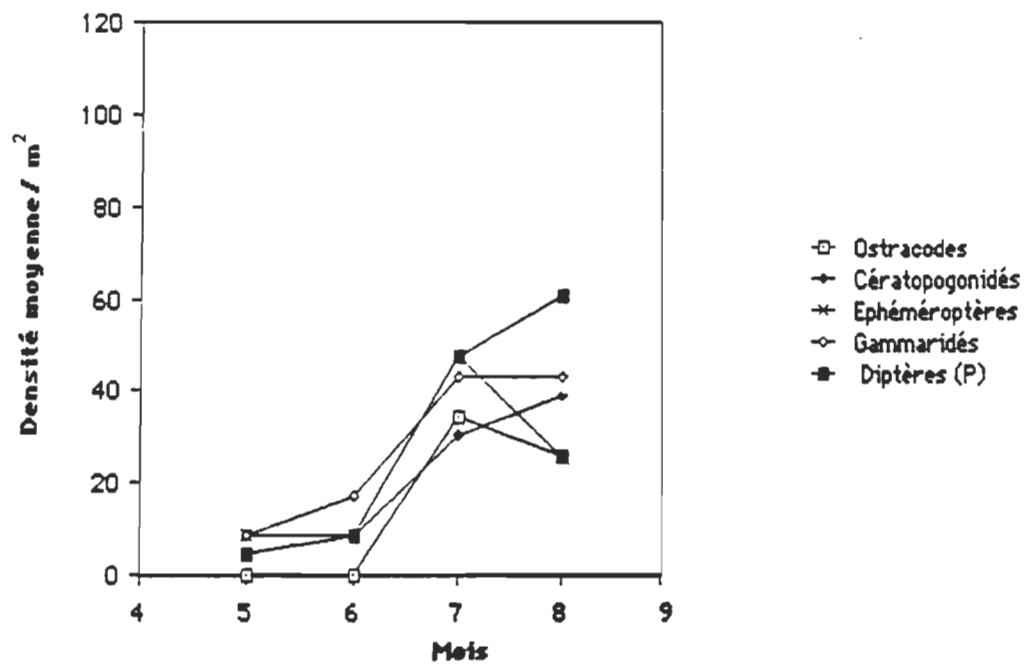


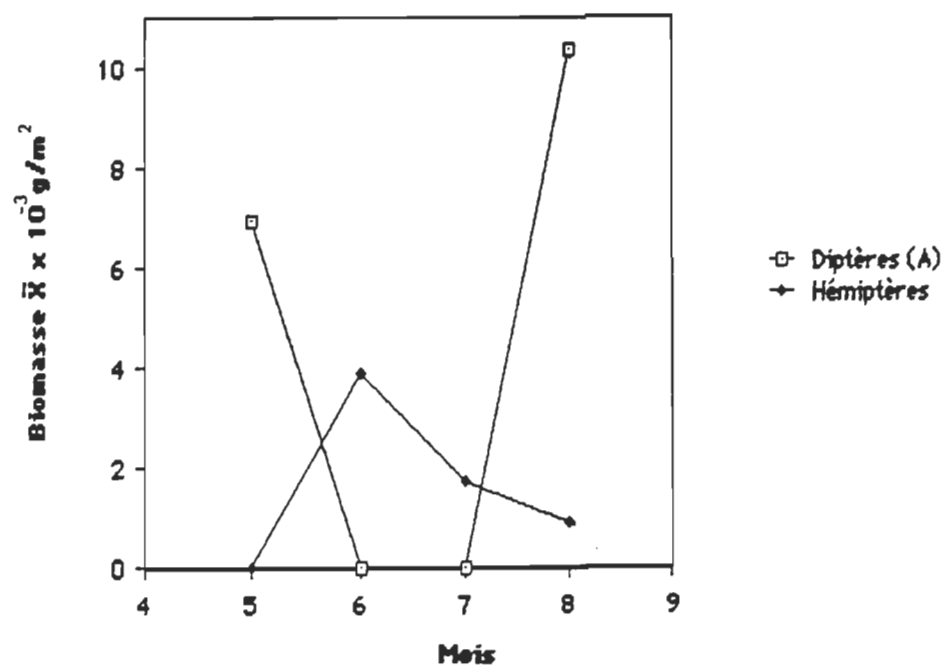
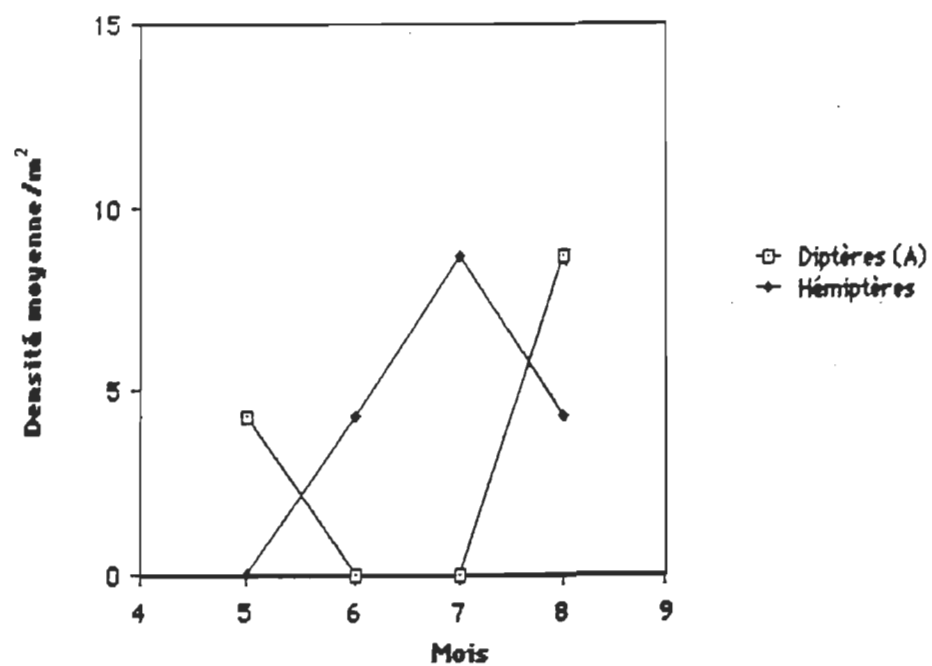
Lorsqu'on examine les fluctuations mensuelles des groupes d'organismes benthiques, on remarque que c'est au mois de juillet et août qu'il y a pour la plupart d'entre eux une augmentation marquée de la densité (figure 4). Les résultats des comparaisons statistiques pour chacun des taxons ainsi que l'écart-type associé à chaque moyenne sont inscrits à l'annexe 3. L'augmentation est significative pour les larves de chironomidés ($P < 0,001$) qui passent de 50 à plus de 1200 individus/ m^2 , les pupes de diptères ($P < 0,05$) où il y a 5 individus/ m^2 en mai et 52 individus/ m^2 en juillet et les ostracodes ($P < 0,05$) où aucun organisme n'est récolté en mai et 35 organismes/ m^2 en juillet. Les augmentations observées pour les larves de ceratopogonidés et d'éphéméroptères, les gammaridés, les diptères adultes et les hémiptères ne sont pas significatives. Les mollusques accusent une baisse significative en juillet ($P < 0,001$). A la fin du mois d'août nous avons noté une augmentation significative ($P < 0,001$) des larves de chironomidés par rapport à tous les mois précédents. Les courbes des biomasses des différents taxons (figure 4) suivent pour la plupart, la même allure que les courbes de densités correspondantes, c'est-à-dire que lorsque la densité est élevée, la biomasse pour le même taxon l'est aussi et vice versa. On note cependant des exceptions. En juin la densité des pupes de diptères a augmenté légèrement par rapport au mois précédent alors qu'on note une diminution

Figure 4

Densité et biomasse par mètre carré de neuf taxons d'invertébrés benthiques de la ressource, se retrouvant dans l'alimentation des poissons au cours de l'été 1988, à la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre.





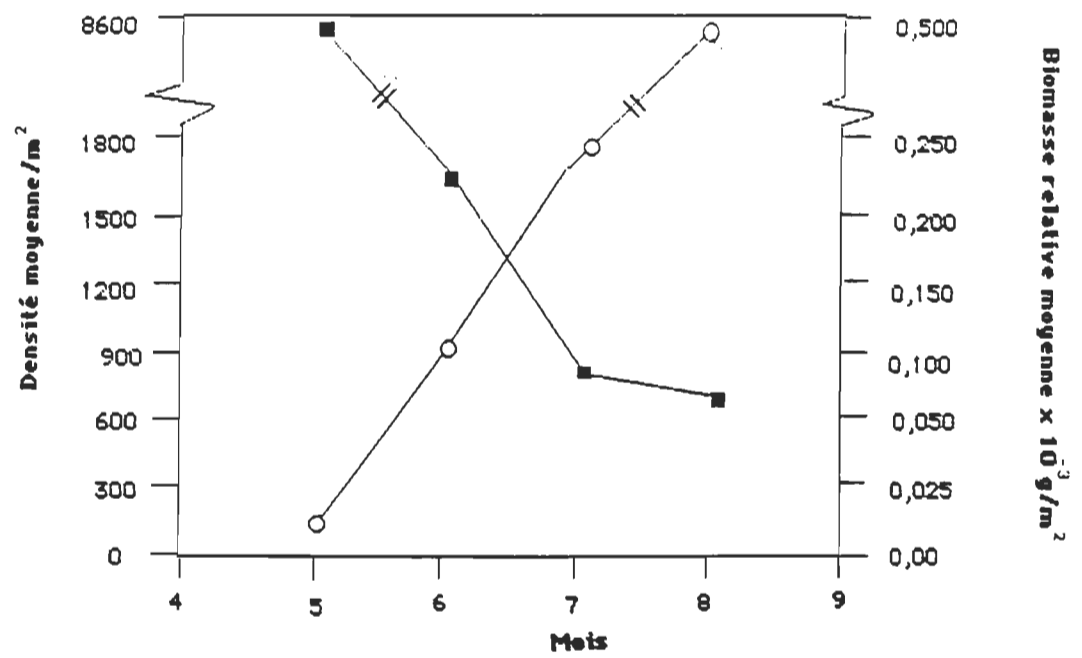


de leur biomasse. Le même phénomène se produit en juillet pour les larves de chironomidés, les larves de cératopogonidés et les gammaridés. Au mois d'août, seuls les hémiptères ont une variation inverse de leur densité et biomasse. Dans les cas où les variations sont significatives, l'augmentation de la densité peut correspondre à une période de recrutement et par conséquent, une diminution de la biomasse vu la faible taille de ces nouveaux organismes. Les pupes de diptères, les larves de cératopogonidés et les hémiptères sont des taxons très peu considérés dans l'alimentation des poissons étudiés. Donc, nous ne croyons pas que ces exceptions influencent les résultats.

Lorsque nous considérons la densité de l'ensemble des proies benthiques potentiellement disponibles, les résultats indiquent en ordre croissant d'abondance qu'il y avait en moyenne 90,9 organismes/m² en mai, 839,9/m² en juin, 1701,3/m² et 8519,9/m² en juillet et août respectivement (figure 5). Les résultats des comparaisons statistiques des densités moyennes pour chacun des mois ainsi que l'écart-type associé aux moyennes sont inscrits à l'annexe 3. Le nombre d'organismes retrouvés en août était significativement plus élevé par rapport aux mois précédents ($P < 0,001$). En se référant à la figure 4 nous constatons que les larves de chironomidés y sont pour une grande part. En terme de biomasse relative moyenne (poids sec) pour

Figure 5

Fluctuations en densité (nombre /m²) et biomasse (g x 10⁻³ /m²) de l'ensemble des ressources benthiques échantillonnées à la baie de Yamachiche, au lac Saint-Pierre à l'été 1988.



○ Nb/m^2

■ Biomasse relative moyenne $\times 10^3 \text{ g/m}^2$

l'ensemble de la ressource, c'est au contraire le mois de mai ($0,476 \times 10^{-3} \text{g/ m}^2$) qui était significativement plus élevé que les mois de juin ($0,222 \times 10^{-3} \text{g/ m}^2$) et juillet ($0,082 \times 10^{-3} \text{g/ m}^2$). Le mois de juin était lui, significativement plus élevé que le mois d'août ($0,063 \times 10^{-3} \text{g/ m}^2$) (Kruskal-Wallis, $P < 0,001$).

Alimentation des poissons

L'importance relative des composantes du régime des cinq espèces de poissons a été considérée sous deux critères, la quantité et la qualité des organismes consommés. Pour comparer l'alimentation des espèces, nous avons priorisé la méthode du pourcentage moyen du poids des proies ingérées. La méthode du pourcentage des fréquences numériques pouvait rendre, dans certains cas, les comparaisons alimentaires interspécifiques moins justes puisque qu'il y avait des différences dans la taille des poissons ainsi que dans la variété et la taille des proies consommées.

1) mai

En mai, les espèces étudiées consomment des groupes de proies différents. Aucune proie n'est capturée par plus

d'une espèce ichthyenne. Les poissons favorisent la dominance d'une proie particulière dans leur régime. Cette période de l'année correspond à la plus faible abondance numérique de l'ensemble des ressources sur les cinq mois étudiés.

Les perchaudes ont un régime alimentaire constitué à 99,7% de gammaridés (tableau 3). L'alimentation des chattes de l'est se compose à 55,0% de diptères adultes, les autres constituants principaux se répartissent en 20,0% de pupes de diptères et de 25,0% en larves de cératopogonidés. Les principales espèces-proies retrouvées dans le régime des queues à tache noire sont les larves d'éphéméroptères elles composent 50,0% à cette période. Quelques autres proies compagnes étaient présentes; les cladocères (20,0%), les mollusques (15,0%), et les larves de chironomidés (10,0%).

Les ménés d'argent s'alimentent exclusivement d'algues microscopiques (100%) (tableaux 3,4,5) et ce, à toutes les périodes d'échantillonnage indépendamment des fluctuations de la ressource disponible dans le milieu. Ils ne montrent aucune variation dans la composition de leur alimentation. On présume cependant que les espèces d'algues peuvent varier au cours de l'été. Les ménés d'argent ont donc une niche alimentaire qui leur est exclusive. Cette alimentation végétale leur serait rendue possible grâce au long intestin enroulé qui est susceptible d'améliorer l'assimilation et la dégradation des matières végétales (Moyle et Cech 1982,

Tableau 3: Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en mai 1988.

| TAXONS | MAI 1988 | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|------|-----------------|------|---------------------|------|-------------|-----|---------------|-------|
| | PERCHAUDE | | CHATTE DE L'EST | | QUEUE A TACHE NOIRE | | DARD-PERCHE | | MENE D'ARGENT | |
| | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds |
| Cladocères | | | 25,0 | > | 35,3 | 20,0 | | | | |
| Ostracodes | 0,2 | 0,3 | | | | | | | | |
| Gammaridés | 99,8 | 99,7 | | | | | | | | |
| Isopodes | | | | | | | | | | |
| Diptères (P) | | | 29,5 | 20,0 | | | | | | |
| Diptères | | | 25,0 | 55,0 | | | | | | |
| Chironomidés (L) | | | | | 7,8 | 10,0 | | | | |
| Cératopogonidés (L) | | | 20,5 | 25,0 | | | | | | |
| Trichoptères (L) | | | | | | | | | | |
| Hémiptères | | | | | | | | | | |
| Coléoptères | | | | 2,0 | 5,0 | | | | | |
| Ephéméroptères (L) | | | | | 21,6 | 50,0 | | | | |
| Hydracariens | | | | | | | | | | |
| Mollusques | | | | | 33,3 | 15,0 | | | | |
| Plécoptères | | | | | | | | | | |
| Poissons | | | | | | | | | | |
| Algues | | | | | | | | | 100,0 | 100,0 |
| Nbre examinés | 20 | | 20 | | 20 | | | | 10 | |

Fréq: La méthode des fréquences numériques

Pds: La méthode du pourcentage moyen du poids des proies ingérées

Nbre examinés: Nombre de poissons examinés de l'espèce

>: Indique les valeurs inférieures à 0,01%

(L): Larve

(P): Pupe

Bitterlich 1985). Donc, dans les sections qui suivront, nous ne discuterons pas des relations du méné d'argent avec les quatres autres espèces étudiées. Sa niche alimentaire est bien définie, et il n'entre pas en compétition avec aucune des autres espèces pour la ressource alimentaire.

ii) juin

En juin, les poissons ont un plus grand répertoire d'espèces-proies dans leur régime alimentaire par rapport au mois de mai. Les mêmes types de proies sont consommés par plus d'une espèce. Les larves de chironomidés sont présentes dans le régime de chaque espèce sauf chez le méné d'argent. Parallèlement, une plus grande diversité et densité de proies potentielles sont disponibles dans le milieu.

Le pourcentage moyen du poids des gammaridés (58,5%) dans l'alimentation des perchaudes est encore supérieur aux autres constituants du régime (tableau 4). Les hémiptères et les pupes de diptères se présentent à 13,8% et 10,0% respectivement et ensuite, à des proportions de 5,0% et 6,5% chacun, les poissons (alevins) et les larves de chironomidés.

Comme au mois de mai, les diptères adultes dominent dans l'alimentation des chattes de l'est avec 79,0%. Quelques autres proies s'ajoutent par rapport au mois

Tableau 4: Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en juin 1988.

| TAXONS | JUIN 1988 | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|------|-----------------|------|---------------------|------|-------------|------|---------------|-------|
| | PERCHAUDE | | CHATTE DE L'EST | | QUEUE A TACHE NOIRE | | DARD-PERCHE | | MENE D'ARBENT | |
| | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds |
| Cladocères | | | 7,4 | > | 8,7 | > | 30,2 | 1,6 | | |
| Ostracodes | | | 35,1 | 0,2 | 57,2 | 5,3 | | | | |
| Bammaridés | 84,0 | 58,5 | | | | | 2,4 | 7,4 | | |
| Isopodes | 0,4 | 0,1 | | | | | | | | |
| Diptères (P) | 2,5 | 10,0 | | | 0,5 | 0,4 | 4,0 | 14,0 | | |
| Diptères | 0,8 | 1,8 | 38,9 | 79,0 | 1,9 | 12,9 | | | | |
| Chironomidés (L) | 6,8 | 6,5 | 3,7 | 0,1 | 19,0 | 20,5 | 56,3 | 58,4 | | |
| Cératopogonidés (L) | 0,4 | 2,8 | | | 0,5 | 0,1 | 1,6 | 0,3 | | |
| Trichoptères (L) | | | | | | | | | | |
| Hémiptères | 1,7 | 13,8 | 1,9 | 5,0 | 1,0 | 8,4 | | | | |
| Coléoptères | | | 3,7 | 0,7 | 1,0 | 5,0 | | | | |
| Ephéméroptères (L) | 3,0 | 1,5 | | | 5,8 | 46,3 | 4,8 | 17,6 | | |
| Hydracariens | | | | | | | 0,7 | 0,7 | | |
| Mollusques | | | | 4,4 | 1,1 | | | | | |
| Plécoptères | | | 9,3 | 15,0 | | | | | | |
| Poissons | 0,4 | 5,0 | | | | | | | | |
| Algues | | | | | | | | | 100,0 | 100,0 |
| Nbre examinés | 20 | | 20 | | 20 | | 10 | | 10 | |

Fréq: La méthode des fréquences numériques

Pds: La méthode du pourcentage moyen du poids des proies ingérées

Nbre examinés: Nombre de poissons examinés de l'espèce

>: Indique les valeurs inférieures à 0,01%

(L): Larve

(P): Pupa

précédent, notamment les plécoptères (15,0%) et les hémiptères (5,0%). A des pourcentages de moins de 1,0% on retrouve les coléoptères, les ostracodes et les larves de chironomidés.

Les larves d'éphéméroptères sont encore la composante la plus importante de l'alimentation (46,3%) des queues à tache noire. Elles ont cependant diminué de 3,7% par rapport au mois précédent. Les queues à tache noire utilisent un plus grand spectre des ressources. Les larves de chironomidés, les diptères adultes, les hémiptères et les ostracodes sont de nouvelles proies qui affichent des pourcentages se situant entre 5,0% et 21,0%.

La principale composante alimentaire des dards-perches en juin est les larves de chironomidés (58,4%). Le dard-perche est l'espèce qui consomme le plus haut taux de larves de chironomidés par rapport aux trois autres espèces de poissons qui s'en alimentent aussi. Les proies compagnes dans le régime des dards-perches sont les larves d'éphéméroptères (17,6%), les pupes de diptères (14,0%) et les gammaridés (7,4%).

iii) juillet

En juillet, les espèces montrent un régime plus diversifié, ce qui est en relation avec l'augmentation de la variété des proies retrouvées dans l'environnement. Les

trois espèces (mis à part le méné d'argent) consomment surtout des larves de chironomidés et d'éphéméroptères durant cette période. Pour le dard-perche c'est une diminution de l'importance des larves de chironomidés dans son alimentation mais une augmentation des larves d'éphéméroptères par rapport aux mois de mai et juin. Le phénomène contraire se produit chez le queue à tache noire où l'on observe une diminution du pourcentage des larves d'éphéméroptères et une augmentation du pourcentage des larves de chironomidés. On observe donc un chevauchement du régime alimentaire de ces deux espèces avec l'augmentation des deux types de proies dans la ressource.

Les gammaridés sont toujours les proies prédominantes chez les perchaudes, bien que le pourcentage de ces proies soit réduit à 36,7% (tableau 5). Au mois de mai et juin les places occupées par les gammaridés étaient respectivement de 99,7% et 58,5%. Si on compare l'importance des larves de chironomidés du mois de juin avec celle de juillet, on note que leur rôle dans l'alimentation des perchaudes à presque triplé passant de 6,5% en juin à 18,9% en juillet. Les larves d'éphéméroptères (15,3%) et les ostracodes (13,5%) sont également des proies qui augmentent dans le régime des perchaudes.

Le queue à tache noire qui favorisait la capture de larves d'éphéméroptères au mois précédent, consomme un pourcentage plus grand (51,4%) de larves de chironomidés

Tableau 5: Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en juillet 1988.

| TAXONS | JUILLET 1988 | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|------|-----------------|-----|---------------------|------|-------------|------|---------------|-------|
| | PERCHAUDE | | CHATTE DE L'EST | | QUEUE A TACHE NOIRE | | DARD-PERCHE | | MENE D'ARGENT | |
| | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds |
| Cladocères | 0,4 | > | | | 5,4 | > | 0,4 | > | | |
| Ostracodes | 63,0 | 13,5 | | | 39,1 | 6,9 | 0,2 | > | | |
| Gammaridés | 17,2 | 36,7 | | | | | 24,1 | 40,5 | | |
| Isopodes | | | | | | | | | | |
| Diptères (P) | 0,6 | 3,6 | | | 1,4 | 8,7 | | | | |
| Diptères | | | | | 0,8 | 10,0 | | | | |
| Chironomidés (L) | 14,0 | 18,9 | | | 50,6 | 51,4 | 50,6 | 35,4 | | |
| Cératopogonidés (L) | 0,6 | > | | | | | | | | |
| Trichoptères (L) | 0,2 | 1,8 | | | | | | | | |
| Hémiptères | 1,3 | 10,0 | | | | | 0,2 | 0,5 | | |
| Coléoptères | | | | | | | | | | |
| Ephéméroptères (L) | 1,5 | 15,3 | | | 2,7 | 23,0 | 24,5 | 23,6 | | |
| Hydracariens | 0,6 | 0,1 | | | | | | | | |
| Mollusques | 0,6 | 0,1 | | | | | | | | |
| Plécoptères | | | | | | | | | | |
| Poissons | | | | | | | | | | |
| Algues | | | | | | | | | 100,0 | 100,0 |
| Nbre examinés | 20 | | | | 10 | | 10 | | 10 | |

Fréq: La méthode des fréquences numériques

Pds: La méthode du pourcentage moyen du poids des proies ingérées

Nbre examinés: Nombre de poissons examinés de l'espèce

>: Indique les valeurs inférieures à 0,01%

(L): Larve

(P): Pupa

malgré l'augmentation du nombre de larves d'éphéméroptères dans la ressource en juillet. C'est donc une augmentation de 30,9% par rapport à juin. Les proies préférentielles comme les larves d'éphéméroptères ont subi une baisse de 23,3% par rapport à juin. Les hémiptères et les coléoptères qui occupaient plus de 5,0% du régime ont disparu dans l'alimentation des queues à tache noire. Ces proies ont aussi subi une baisse dans la ressource mais leurs fluctuations, au cours de la période estivale, n'étaient pas significatives (comme mentionné dans la section ressource).

Les dards-perches axent leur alimentation en juillet sur deux principales espèces-proies, les larves de chironomidés (35,4%) et les gammaridés (40,5%). Les premières accusent une baisse de 23,0% par rapport à juin, alors que les secondes sont en augmentation. Les larves d'éphéméroptères s'inscrivent toujours comme proies secondaires (23,6%) pour les dards-perches.

iv) août

Au mois d'août, toutes les espèces de poisson consomment de façon importante des larves de chironomidés. Ces dernières occupent la première place dans le régime alimentaire de toutes les espèces, sauf pour la chatte de l'est. Parallèlement, à cette période les larves de chironomidés sont les espèces-proies en plus grande

abondance numérique dans le milieu. Cependant la biomasse relative moyenne de l'ensemble de la ressource est plus faible qu'aux mois précédents.

Lorsque l'abondance des larves de chironomidés est très élevée en août (figure 4), les perchaudes en font 52,1% de leur régime alimentaire (tableau 6). Elles se nourrissent alors de deux fois moins de gammaridés (25,5%) par rapport au chironomidés. Ceci n'était pas le cas pour les autres mois de l'été, les gammaridés étant toujours en première place dans son régime. Toutes les autres proies compagnes se présentent à des pourcentages inférieurs à 10,0%.

Malgré l'augmentation considérable de la densité des larves de chironomidés dans la ressource, les chattes de l'est conservent les diptères adultes (46,7%) comme proie dominante. Les pupes de diptères, les hémiptères et les larves d'éphéméroptères sont consommées à des pourcentages d'environ 10% chacun. Les autres proies constituent une faible proportion du régime. C'est la seule espèce qui n'a pas orienté son alimentation en fonction de l'abondance des larves de chironomidés. Nous devons souligner toutefois que l'importance de celles-ci dans le régime alimentaire de la chatte de l'est est passée de 0% au mois de mai à 20,8% en août. Les chattes de l'est ont aussi diversifié leur alimentation par rapport au dernier mois de référence qui est juin dans ce cas-ci. Ceci est le reflet de

Tableau 6: Fréquences numériques (%) et pourcentages moyens du poids des proies retrouvées dans les contenus stomacaux des poissons capturés au lac Saint-Pierre, en août 1988.

| TAXONS | AOUT 1988 | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|------|-----------------|------|---------------------|------|-------------|------|---------------|-----|
| | PERCHAUDE | | CHATTE DE L'EST | | QUEUE A TACHE NOIRE | | DARD-PERCHE | | MENE D'ARGENT | |
| | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds | Fréq | Pds |
| Cladocères | 0,4 | > | 21,8 | > | 1,6 | > | | | | |
| Ostracodes | 4,6 | 0,4 | 4,3 | 1,3 | 3,9 | 0,7 | 1,0 | 0,1 | | |
| Gammaridés | 17,5 | 25,5 | | | | | 9,1 | 21,9 | | |
| Isopodes | | | | | | | | | | |
| Diptères (P) | 1,2 | 2,2 | 6,5 | 10,9 | 2,3 | 7,4 | | | | |
| Diptères | | | 13,0 | 46,7 | | | | | | |
| Chironomidés (L) | 70,5 | 52,1 | 34,8 | 20,8 | 86,7 | 73,8 | 82,3 | 71,1 | | |
| Cératopogonidés (L) | 1,7 | > | | | | | 0,8 | 0,2 | | |
| Trichoptères (L) | | | | | | | | | | |
| Hémiptères | 2,1 | 10,0 | 2,2 | 10,0 | | | | | | |
| Coléoptères | 0,4 | 6,7 | | | | | | | | |
| Ephéméroptères (L) | 0,8 | 2,9 | 4,3 | 10,0 | 5,5 | 18,1 | 6,8 | 6,7 | | |
| Hydracariens | 0,8 | 0,2 | 2,2 | 0,3 | | | | | | |
| Mollusques | | | 10,9 | > | | | | | | |
| Plécoptères | | | | | | | | | | |
| Poissons | | | | | | | | | | |
| Algues | | | | | | | | | | |
| Nbre examinés | 15 | | 10 | | 10 | | 10 | | 0 | |

Fréq: La méthode des fréquences numériques

Pds: La méthode du pourcentage moyen du poids des proies ingérées

Nbre examinés: Nombre de poissons examinés de l'espèce

>: Indique les valeurs inférieures à 0,01%

(L): Larve

(P): Pupa

l'augmentation de la densité de l'ensemble de la ressource.

L'importance qu'occupe les larves de chironomidés dans l'alimentation des queues à tache noire s'élève à 73,8%. A un niveau inférieur, les larves d'éphéméroptères et les pupes de diptères affichent respectivement 18,1% et 7,4%. Les queues à tache noire ont délaissé progressivement les larves d'éphéméroptères qui étaient dominantes dans leur alimentation au mois de mai et ils ont orienté leur quête vers la ressource la plus courante, les larves de chironomidés.

La diversité dans le régime alimentaire du dard-perche s'est aussi simplifiée. Les proies dominantes sont les larves de chironomidés (71,1%). Les deux autres groupes de proies qui reviennent constamment sont les gammaridés (21,9%) et les larves d'éphéméroptères (6,7%). Les dards-perches orientent aussi leur alimentation vers la ressource la plus abondante, soit les larves de chironomidés.

Recouvrement des niches alimentaires

Les valeurs des indices calculés en mai, correspondent à une différenciation des régimes des espèces, puisqu'il n'y a que très peu de recouvrement dans les niches alimentaires (tableau 7). En effet, chaque espèce s'alimente d'une espèce-proie particulière. Le recouvrement des niches se

Tableau 7: Indices de recouvrement des niches alimentaires (indice de Schoener 1970), entre les cinq espèces de poissons étudiés au lac Saint-Pierre, de mai à août 1988.

| INDICES DE RECOUVREMENT ALIMENTAIRE | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|
| POISSONS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| MAI | | | | | |
| 1. Perchaude | 1,00 | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 |
| 2. Chatte de l'est | | 1,00 | 0,10 | - | 0,00 |
| 3. Queue à tache noire | | | 1,00 | - | 0,00 |
| 4. Dard-perche | | | | - | - |
| 5. Méné d'argent | | | | | 1,00 |
| JUIN | | | | | |
| 1. Perchaude | 1,00 | 0,31 | 0,21 | 0,26 | 0,00 |
| 2. Chatte de l'est | | 1,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 |
| 3. Queue à tache noire | | | 1,00 | 0,39 | 0,00 |
| 4. Dard-perche | | | | 1,00 | 0,00 |
| 5. Méné d'argent | | | | | 1,00 |
| JUILLET | | | | | |
| 1. Perchaude | 1,00 | - | 0,45 | 0,71 | 0,00 |
| 2. Chatte de l'est | | - | - | - | - |
| 3. Queue à tache noire | | | 1,00 | 0,58 | 0,00 |
| 4. Dard-perche | | | | 1,00 | 0,00 |
| 5. Méné d'argent | | | | | 1,00 |
| AOÛT | | | | | |
| 1. Perchaude | 1,00 | 0,37 | 0,58 | 0,77 | - |
| 2. Chatte de l'est | | 1,00 | 0,41 | 0,28 | - |
| 3. Queue à tache noire | | | 1,00 | 0,78 | - |
| 4. Dard-perche | | | | 1,00 | - |
| 5. Méné d'argent | | | | | - |

manifeste en juin, s'accroît en juillet et août. Les indices s'élèvent tous à plus de 0,45 en juillet, comparativement au mois de juin où un maximum de 0,39 était atteint entre la queue à tache noire et le dard-perche. Le méné d'argent est la seule espèce ayant une niche alimentaire spécifique, étant exclusivement phytophage. L'indice de Schoener montre en août la présence d'un recouvrement important entre les perchaudes et les dards-perches, entre les perchaudes et les queues à tache noire et entre ces derniers et les dards-perches. Les larves de chironomides, les gammarides et les larves d'éphéméroptères constituent les composantes communes du régime des perchaudes et des dards-perches. Le recouvrement des niches alimentaires entre les perchaudes et les queues à tache noire est dû essentiellement à la présence simultanée des larves de chironomides, des pupes de diptères et des larves d'éphéméroptères dans le régime de ces deux espèces. Les larves de chironomides et les larves d'éphéméroptères se trouvent à la fois dans le spectre alimentaire des queues à tache noire et des dards-perches.

L'augmentation des indices de recouvrement en août, par rapport aux autres mois étudiés, s'explique en grande partie par le fait que les larves de chironomides sont les proies dominantes dans le régime de chacune des espèces de poisson à cette période et ceci coïncide avec la grande disponibilité de ces larves dans le milieu. L'importance

des autres taxons tels les gammaridés, les pupes de diptères et les larves d'éphéméroptères contribuent aussi, lorsqu'on compare les espèces deux à deux, à hausser les indices de recouvrement.

Sélection de la taille des larves de chironomidés

Les larves de chironomidés semblent être le point de convergence dans l'alimentation des espèces étudiées. Ces proies sont présentes dans le régime des espèces aux mois de juin, juillet et août. Nous avons inscrit au tableau 8, le poids moyen ($\times 10^{-3}g$) des larves de chironomidés consommées par les quatre espèces de poissons et la biomasse relative moyenne ($\times 10^{-3}g/m^2$) de ces larves échantillonnées dans la ressource.

Au mois de mai, seul le queue à tache noire a consommé des larves de chironomidés. En juin, il n'y a aucune différence significative entre les tailles moyennes des larves de chironomidés ingérées par quatre espèces de poisson.

Aux mois de juillet et août, les différences significatives observées pour le poids des chironomidés nous indiquent que les dards-perches et les perchaudes capturent les plus grosses proies. Cependant il n'y a pas de différence significative pour la sélection des tailles des

Tableau 8: Comparaisons inter et intraspécifique des poids moyens ($\times 10^{-3}g$) (± 1 ET entre parenthèses) des larves de chironomides consommées par les quatre espèces de poissons ainsi que la biomasse relative moyenne ($\times 10^{-3}g$) (± 1 ET entre parenthèses) et le nombre total de larves de chironomides (entre crochets) retrouvées dans le milieu. Valeurs pour chacune des périodes d'échantillonnage (été 1988).

| MOIS | RESSOURCE ($\times 10^{-3}g$) | PERCHAUDE ($\times 10^{-3}g$) | CHATTE DE L'EST ($\times 10^{-3}g$) | QUEUE A TACHE NOIRE ($\times 10^{-3}g$) | DARD- PERCHE ($\times 10^{-3}g$) | INTER | |
|-------|--|---|---|---|--|-------|--------|
| | | | | | | F | P |
| mai | 0,1950 ¹ (0,1090) [11] | - | - | 0,0200 ² (0,0000) [4] | - | - | - |
| juin | 0,1840 ^{a 1} (0,0609) [88] | 0,0520 ^{b 2} (0,0457) [16] | 0,0300 ¹ (0,0000) [2] | 0,0275 ^{b 2} (0,0132) [39] | 0,0287 ^{b 2} (0,0127) [71] | 22,54 | <0,001 |
| juil. | 0,0553 ^{c 2} (0,0237) [283] | 0,0933 ^{ab 1} (0,0431) [67] | - | 0,0700 ^{bc 1} (0,0191) [79] | 0,1140 ^{a 1} (0,0227) [266] | 7,10 | <0,001 |
| août | 0,0557 ^{c 2} (0,0457) [173] | 0,0958 ^{ab 1} (0,0350) [213] | 0,0425 ^{c 1} (0,0126) [16] | 0,0778 ^{bc 1} (0,0211) [107] | 0,1200 ^{a 1} (0,0429) [317] | 9,08 | <0,001 |
| INTRA | | | | | | | |
| F | 20,21 | 3,91 | | 23,96 | 31,10 | | |
| t | | | -2,00 | | | | |
| P | <0,001 | 0,03 | 0,14 | <0,001 | <0,001 | | |

notes

Les moyennes accompagnées d'une lettre (comparaison interspécifique) ou d'un chiffre (comparaison intraspécifique) identique ne sont pas significativement différentes, tel que déterminé par une ANOVA suivie d'un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls ou d'un test de t modifié ($P < 0,05$) sur les valeurs transformées (voir texte).

larves de chironomidés entre les perchaudes et les queues à tache noire. Les queues à tache noire et les chattes de l'est sélectionnent aussi des larves de chironomidés de tailles comparables.

Le dard-perche tend donc à être plus efficace pour capturer les larves de chironomidés de plus grande taille ($0,1200 \times 10^{-3}g$) suivi dans l'ordre par la perchaude ($0,0958 \times 10^{-3}g$), le queue à tache noire ($0,0778 \times 10^{-3}g$) et la chatte de l'est ($0,0425 \times 10^{-3}g$).

Si nous comparons les différences de tailles des larves de chironomidés consommées par chaque espèce au cours de l'été, les résultats permettent de séparer horizontalement le tableau en deux parties. Les tailles des larves de chironomidés disponibles dans le milieu sont comparables pour les mois de mai et juin, ainsi que celles capturées par chaque espèce. Nous pouvons regrouper les mois de juillet et août pour les mêmes raisons.

Aux mois de mai et juin la taille moyenne des larves de chironomidés présentes dans la ressource est significativement supérieure ($P < 0,001$) aux deux derniers mois. Lorsqu'on examine les poids moyens des larves présentes dans les contenus stomacaux pour chacune des espèces, il ressort que celles-ci ont sélectionné au mois de juillet et août des proies plus grosses que celles consommées auparavant ($P < 0,001$), sauf pour la chatte de l'est où il n'y a aucune variation significative

(t, $P = 0,14$) dans la taille des larves de chironomidés capturées.

Dans le cas de la chatte de l'est et du dard-perche on observe une relation directe ($r > 0,80$ et $P < 0,05$) entre le poids des proies et la longueur moyenne des poissons. Chez la perchaude et le queue à tache noire, aucune relation significative ($r = 0,31$ et $r = -0,22$, $P > 0,05$) n'est observée entre la longueur moyenne des poissons et la taille des larves de chironomidés. Lorsque l'on compare le poids moyen des proies ingérées au poids moyen des proies disponibles dans la ressource, on observe qu'en juin, les poissons consomment des proies dont le poids moyen est significativement inférieur à celui de la ressource. Les dards-perches et les perchaudes sont plus sélectifs à partir de juillet, capturant de plus grosses larves de chironomidés que celles retrouvées en moyenne dans la ressource. Cette situation coïncide aussi avec l'augmentation de la densité des larves de chironomidés dans la ressource et avec la diminution de la densité des poissons.

Morphologie

Les résultats des six caractères morphologiques mesurés sur les cinq espèces de poissons étudiés sont inscrits au

tableau 9. Les résultats affichent une différence significative ($P < 0,001$) pour les trois caractères morphologiques reliés au corps du poisson et pour les deux autres caractères associés à la bouche.

La perchaude a la longueur relative du pédoncule caudal la plus élevée. Celle-ci possède également la plus grande ouverture de bouche si on considère la largeur et la hauteur relative de cette dernière.

Le queue à tache noire est la seule espèce se démarquant "de façon supérieure", au niveau du rapport hauteur nageoire caudale/ hauteur corps, comparativement aux quatre autres espèces. En ce qui concerne la surface relative de la nageoire pectorale, c'est le dard-perche qui obtient la moyenne de surface la plus élevée. Les suivants, en ordre décroissant sont; la perchaude, le méné d'argent et sur un même pied d'égalité le queue à tache noire et la chatte de l'est. Le dard-perche est aussi la seule espèce qui a une bouche en position infère selon la définition apportée de Gatz (1979). La chatte de l'est, est la seule autre espèce qui se différencie par la position de la bouche. D'après son angle on classifie celle-ci en position subterminale. De plus, une analyse discriminante nous permet d'identifier trois regroupements par les facteurs de grandeur de bouche et surface relative de la nageoire pectorale (figure 6). L'un où la perchaude se distingue par rapport aux autres espèces pour une grandeur de bouche

Tableau 9: Résultats des mesures effectuées sur les cinq espèces de poissons. Valeurs moyennes des données initiales (± 1 ET entre parenthèses).

| CARACTERES MORPHOLOGIQUES | ESPECES | | | | | | P | COMPARAISONS ⁽¹⁾ |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|-----------------------------|
| | P | C | Q | D | A | F | | |
| CORPS | | | | | | | | |
| Longueur relative du pédoncule | 0,1849 (0,0157) | 0,1398 (0,0136) | 0,1324 (0,0086) | 0,1471 (0,0084) | 0,1131 (0,0110) | 99,56 | <0,001 | P > D,C > Q > A |
| Hauteur nageoire caudale/ hauteur corps | 0,8386 (0,1129) | 0,8202 (0,0841) | 0,9579 (0,1488) | 0,8502 (0,0697) | 0,8719 (0,0750) | 5,39 | <0,001 | Q > C,P,D,A |
| Surface relative de la nageoire pectorale | 0,0622 (0,0100) | 0,0381 (0,0121) | 0,0401 (0,0080) | 0,0951 (0,0179) | 0,0481 (0,0127) | 69,36 | <0,001 | D > P > A > Q,C |
| BOUCHE | | | | | | | | |
| Largeur relative | 0,1006 (0,0078) | 0,0672 (0,0053) | 0,0607 (0,0061) | 0,0616 (0,0045) | 0,0619 (0,0060) | 158,12 | <0,001 | P > C > Q,D,A |
| Hauteur relative | 0,1051 (0,0077) | 0,0763 (0,0054) | 0,0689 (0,0070) | 0,0680 (0,0048) | 0,0698 (0,0064) | 121,43 | <0,001 | P > C > Q,D,A |
| Position | T | S | T | I | T | | | |

Notes

P : Perchaude
C : Chatte de l'est
Q : Queue à tache noire
D : Dard-perche
A : Méné d'argent

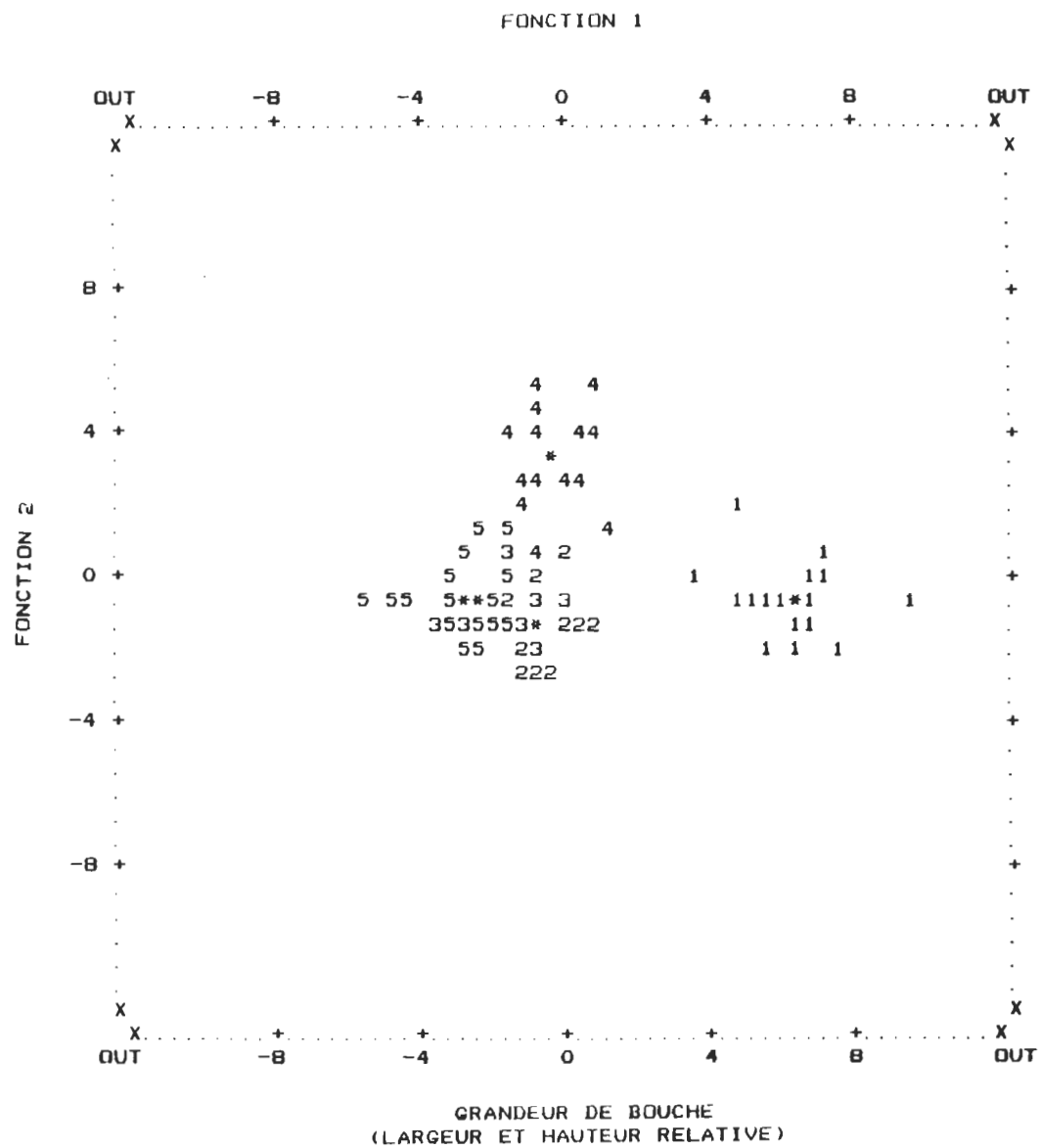
T : Terminale
S : Subterminale
I : Infère

> : Significativement plus grand que

⁽¹⁾ : Tel que déterminé par une ANOVA suivie d'un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$) sur les valeurs transformées (voir texte).

Figure 6

Représentation de l'analyse discriminante, relation grandeur de bouche et surface relative de la nageoire pectorale, pour les cinq espèces ichthyennes.



- 1 PERCHAUDE
- 2 CHATTE DE L'EST
- 3 QUEUE A TACHE NOIRE
- 4 DARD-PERCHE
- 5 MENE D'ARGENT

* CENTROIDE

supérieure. Dans l'autre groupe, le dard-perche qui se démarque pour une grandeur supérieure de la surface relative des nageoires pectorales. Le dernier groupe est formé du queue à tache noire, de la chatte de l'est et du méné d'argent où aucun facteur ne réussit à discriminer ces trois espèces. Si par contre on ajoute les critères position de la bouche et particularité du tube digestif, qui sont des caractères pouvant nous donner des indices au sujet de l'alimentation des espèces, nous réussissons à séparer ces trois espèces. La chatte de l'est se distingue par sa bouche qui est en position subterminale comparativement aux deux autres espèces (tableau 9). Le méné d'argent se différencie par rapport au queue à tache noire par son intestin allongé qui est très particulier.

CHAPITRE 3

DISCUSSION

Les problèmes posés à un prédateur dans le milieu naturel, pour prélever les aliments et pour s'assurer l'énergie nécessaire à sa survie et à sa reproduction, sont de plusieurs ordres: quels types de proies consommer, où chasser, quand chasser, pendant combien de temps, quand explorer un nouvel endroit, le tout en fonction de l'énergie et du temps qu'il doit dépenser pour capturer ses proies (Cloarec 1982).

La connaissance du comportement alimentaire des prédateurs est nécessaire pour comprendre comment et pourquoi ils répondent à des changements de densité des proies, et les raisons pour lesquelles ils choisissent un certain type de proie plutôt qu'un autre, tenant compte que les espèces-proies diffèrent entre elles à plusieurs niveaux (mobilité, comportement, taille, forme, pigmentation, etc.).

Notre étude montre en effet que la perchaude, la chatte de l'est, le queue à tache noire et le dard-perche répondent différemment aux fluctuations temporelles des densités des proies de la ressource en modifiant leur régime alimentaire. Cette observation supporte l'hypothèse de Schoener (1982).

Au premier mois de l'étude (mai), il existe une nette répartition des ressources alimentaires entre les cinq espèces étudiées. Chaque espèce se spécialise plus particulièrement sur une espèce-proie. Cette spécialisation demeure jusqu'en août, même si d'autres proies compagnes s'ajoutent au régime alimentaire des espèces. Les associations prédateurs - proies sont: perchaudes-gammaridés, chattes de l'est - diptères, queues à tache noire - larves d'éphéméroptères, dard-perche - larves de chironomidés et méné d'argent - algues. Le méné d'argent est la seule espèce monophage et herbivore. Il occupe une niche alimentaire spécifique, et n'entre pas en compétition avec les autres espèces en cause. L'intensité de la compétition interspécifique est présumément plus faible dû au fait qu'on observe un partage des ressources. Chaque espèce semble avoir adoptée un comportement qui permet l'exploitation des différentes composantes de la ressource.

En juin, il y a une augmentation de la diversité et de la densité des proies dans l'habitat étudié par rapport à mai. Les espèces élargissent leur spectre d'utilisation des ressources, elles intègrent de nouveaux taxons dans leur régime et les mêmes types de proies sont consommés par plus d'une espèce. Ce sont principalement les larves de chironomidés qui augmentent le plus en terme de densité et biomasse et de ce fait, celles-ci se retrouvent dans le régime de chaque espèce sauf pour le méné d'argent. La

dominance d'espèces-proies dans le régime alimentaire n'est pas nécessairement le résultat d'une sélection, mais c'est possiblement le reflet de l'abondance de ces espèces dans l'environnement (Hangelin et Vuorinen 1988).

Cette transition d'un régime spécialisé en mai à un régime plus varié en juin est en relation avec l'augmentation de la densité et de la diversité des ressources disponibles. Les prédateurs choisissent leur régime, vers les proies les plus abondantes, afin de maximiser l'énergie nette acquise par unité d'effort (Werner et Hall 1974, Charnov 1976).

En juillet c'est le même phénomène qui se poursuit et les larves de chironomidés qui sont présentes dans tous les régimes et de façon aussi marquée dans la ressource. Les espèces de poissons à cette période commencent donc à délaisser leur spécialité pour s'alimenter de proies plus communes. Cette constatation s'est révélée très évidente lors de l'analyse des contenus stomacaux des espèces capturées au mois d'août. Même les espèces ayant une alimentation de proies planctoniques consomment des proies benthiques en faible quantité. Les larves de chironomidés sont les proies les plus abondantes dans la ressource et les quatre espèces orientent leur alimentation vers cette ressource. Certains autres auteurs ont également montré que les prédateurs changent leur alimentation pour les proies qui sont les plus abondantes dans une situation

donnée (Cornell 1976, Huh et Kitting 1985, Hume et Northcote 1985, Lammens et al. 1985, Davidson 1986, Scrimgeour et Winterbourn 1987, Delbeek et Williams 1988). Ce qui peut aussi favoriser cette situation c'est qu'au mois d'août nous avons une plus faible densité de poissons comparativement aux autres mois. La ressource convoitée peut possiblement être accessible à la totalité des poissons qui autrement (lors d'une plus grande densité de poissons) serait plus fortement disputée. Cette diminution des effectifs de poissons au mois d'août, pourrait être reliée à un phénomène comportemental et/ou aux facteurs abiotiques qui agissent fortement sur l'habitat vu la faible profondeur de cette zone. Ces facteurs pourraient rendre l'habitat moins réceptif à la faune ichthyenne.

Les larves de chironomidés sont le point de convergence de l'alimentation des poissons étudiés. Parmi ces derniers la perchaude et le queue à tache noire adoptent un même comportement par rapport à la prise de proies de tailles préférentielles selon la densité disponible dans le milieu. Le dard-perche capture aussi de plus grandes larves de chironomidés dans le milieu, mais ceci est directement proportionnel à la taille des poissons. Il nous est impossible toutefois de déterminer si la capture des proies de plus grandes tailles est le reflet d'un choix (sélection) par le poisson ou un effet relié à la taille du poisson ou les deux. Dans le cas de la chatte de l'est, la corrélation

existant, entre la taille des poissons et la taille des proies indique que celle-ci capture probablement les larves de chironomidés en fonction de leur disponibilité. Nous présumons que cette espèce n'est pas adaptée pour sélectionner cette ressource benthique, vu sa morphologie, comme expliqué précédemment.

Même si toutes les espèces s'alimentent des larves de chironomidés au mois d'août, on observe une tendance à la ségrégation qui n'est plus au niveau de la répartition des types de proies mais à celui des tailles pour une même espèce-proie.

En somme, la relation que nous pouvons établir avec la ressource est que lorsqu'il y a une faible densité de larves de chironomidés (mai et juin) les espèces ne sélectionnent pas les proies de plus grandes tailles. Lorsque la densité est plus élevée, c'est-à-dire à partir de juillet, les poissons se montrent plus sélectifs et capturent en moyenne des larves plus grosses que celles retrouvées dans la ressource, à l'exception de la chatte de l'est. Rajasilta et Vuorinen (1983) ont mis en évidence que les poissons tendent à optimiser le coût-bénéfice de la fonction de préhension de la nourriture, en concordance avec la théorie de l'alimentation optimale dans un environnement où la ressource est abondante, les proies les plus grosses seront sélectionnées. Cette théorie prévoit une augmentation de la spécialisation dans le régime lorsqu'il y a augmentation de

l'abondance absolue du type "préfééré" de nourriture dans l'environnement. Nos résultats montrent également qu'il existe un départage entre les espèces dans l'obtention des larves de chironomidés en ce qui a trait à la taille de ces dernières. Ceci provient possiblement de la compétition et/ou des adaptations morphologiques des espèces les unes par rapport aux autres.

Les indices de recouvrement des niches alimentaires accroissent au cours de la saison. L'augmentation progressive durant la saison des densités de l'ensemble des espèces-proies de la ressource a contribué à l'augmentation des indices de recouvrement entre les espèces de poissons. Nous avons noté que les larves de chironomidés, se retrouvant dans tous les spectres d'alimentation des espèces (sauf pour le méné d'argent), ont favorisé la hausse des indices. Lorsqu'il y a un pic d'abondance dans la ressource et que deux espèces ou plus s'alimentent de ce même type de proie, on doit noter que ce régime commun n'implique pas nécessairement une augmentation de la compétition. Lorsque l'on calcule l'indice de recouvrement des niches nous prenons en considération que les types de proies ingérées.

Un autre facteur qui pourrait contribuer, à notre avis, à l'augmentation du degré de chevauchement des niches, est que la densité des poissons est moindre à partir du mois de juillet par rapport aux mois précédents. Alors, les facteurs augmentation de la disponibilité des proies et la

diminution des effectifs de poissons font que les espèces ont probablement la possibilité de chasser et de se partager les mêmes types de proies.

Pourquoi les espèces en présence se partagent-elles les ressources suivant ce patron?

Avant tout, les cinq espèces étudiées se différencient les unes des autres par rapport à certains caractères morphologiques. Il semble que certaines espèces peuvent avoir plus de facilités que les autres à exploiter une partie de la ressource. C'est-à-dire que nous pouvons associer les espèces à trois types de prédateurs (Gibson et Ezzi 1987) soit ceux consommant des proies qui nagent librement dans la colonne d'eau, ceux s'alimentant près et sur le fond et ceux fouissant le substrat pour y trouver leur nourriture.

La répartition de la ressource est évidente entre les espèces étudiées. Cette répartition suggère que les espèces ont un comportement alimentaire différent (technique de capture), en relation avec leur morphologie. Les caractéristiques morphologiques sont des indicateurs qui nous permettent d'associer les espèces à leur habitat préférentiel (Webb 1984). L'analyse discriminante et les critères position de la bouche et particularité du système digestif nous suggèrent que les espèces peuvent occuper des niches différentes.

La morphologie des poissons les rend plus efficaces à

capturer certains types de proies et à utiliser différentes strates du milieu. La ségrégation de microhabitat a été observée, comme importante, chez une communauté d'épinoches dans les études de Worgan et FitzGerald (1981) ainsi que de Walsh et FitzGerald (1984 b).

En ce qui concerne le dard-perche, il consomme principalement des proies benthiques telles que les larves de chironomidés et les larves d'éphéméroptères. Il semble être adapté morphologiquement pour ce genre d'alimentation; la grande surface de ses nageoires pectorales pourrait lui permettre de manoeuvrer lentement (mouvement vertical), de s'arrêter partiellement et de se maintenir en position (Gosline 1971, Gatz 1979). De plus le dard-perche a une bouche infère. Keast et Webb (1966) font remarquer que le museau en saillie et arrondi sert à retourner les petites pierres, feuilles et autres objets sur le fond pour y saisir les organismes qui sont cachés. D'après ces caractéristiques le dard-perche serait le mieux adapté pour saisir les organismes benthiques et par ailleurs serait en mesure de sélectionner la taille des chironomidés vu les plus grandes possibilités à rencontrer ce type d'organisme.

Les diptères sont les proies recherchés dans le régime alimentaire des chattes de l'est. De plus le zooplancton est fréquent dans leur alimentation. La position subterminale de la bouche de la chatte de l'est et la faible surface relative de ses nageoires pectorales nous suggèrent

que celle-ci est probablement mieux adaptée pour une alimentation planctonique. Selon Keast (1978), la chatte de l'est consomme en effet des proies pélagiques. Les diptères adultes dont s'alimentent les chattes de l'est font parti de cette catégorie. Il y a aussi d'autres proies de cette même catégorie qui sont retrouvées dans le milieu, mais il en demeure pas moins que se sont les diptères qui se présentent en plus grande densité dans le milieu.

La perchaude est munie d'une grande bouche en position terminale (Keast 1978) et la grandeur de ses nageoires pectorales pourraient lui permettre une bonne manoeuvrabilité verticale (Gosline 1971). Il lui serait possible de déplacer sa niche alimentaire de la colonne d'eau au substrat. En mai et juin, les gammaridés qui nagent près du fond constituent la majeure partie de l'alimentation de cette espèce. Il a été établi selon Wetzel (1983) que les perchaudes contribuent à un taux très élevé à la mortalité des amphipodes adultes. La perchaude possède une grandeur de bouche excédant celle des autres espèces. Elle peut ainsi consommer des proies plus volumineuses tels des poissons et des hémiptères.

D'après les caractères morphologiques étudiés, le méné d'argent pourrait être une espèce dont sa morphologie lui permettrait de s'alimenter dans la colonne d'eau de manière efficace. Il possède une bouche de type terminal et rien ne laisse présager de son succès à s'alimenter de

benthos ou de poursuivre des proies actives. En effet, les contenus stomacaux des ménés d'argent nous montrent que c'est une espèce herbivore monophage. Et de plus, l'organisation de son système digestif (intestin allongé) peut laisser supposer que cette espèce est adaptée pour une alimentation phytophage.

Les liens que nous pouvons établir entre les caractères morphologiques mesurés sur le queue à tache noire et son alimentation suggèrent que c'est une espèce polyvalente. Celui-ci consomme prioritairement des larves d'éphéméroptères, il capture aussi une gamme variée de proies qui vont du plancton au benthos. Le queue à tache noire a une bouche en position terminale, a une capacité pour la nage rapide et a une faible surface de ses nageoires pectorales. Ces informations nous suggèrent, selon les études d' Aleev (1969) et Gosline (1971) sur ces caractères morphologiques, que cette espèce aurait des affinités pour se nourrir dans la colonne d'eau et près du substrat.

Ici, même si nous avons tenté d'expliquer les différences de comportement alimentaire par l'ecomorphologie, il apparaît bien entendu que d'autres facteurs régissent cette divergence pour l'acquisition de leur niche alimentaire respective. Ainsi, Luczkovich (1988) mentionne que les poissons utilisent des mécanismes sensoriels telles la chemoréception et la méchanoréception pour détecter les proies. Ces dernières n'étant pas perçues

de la même façon dans l'environnement (Sih 1982, Main 1987) et adoptant différentes stratégies ou habiletés pour fuir les prédateurs (Vinyard 1980), les poissons selon leurs différentes modalités sensorielles n'auront pas les mêmes types de proies préférentielles (Luczkovich 1988). Il y a également le postulat sur lequel se base toute la théorie de l'écomorphologie, i.e. que les habitudes alimentaires des espèces puissent être le résultat évolutif de la compétition interspécifique du passé et de celle qui se poursuit pour les dites ressources (voir Werner et Hall 1977). Mais nous devons prendre en considération que les espèces de cette étude ne sont pas nécessairement confinées de façon absolue à cet habitat.

Nos résultats peuvent donc nous permettre de laisser supposer que les espèces pourraient s'alimenter des proies qui leur sont les plus rentables. Les poissons tendraient possiblement à optimiser leur quête alimentaire selon leur stratégie pour obtenir ses proies. Les interactions interspécifiques pour les quêtes alimentaires sont d'intensités variables. Ces variations dans l'intensité de la compétition sont corrélées aux variations dans l'abondance et la nature des ressources alimentaires. Nos observations supportent donc l'hypothèse de Schoener (1982).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aleev, Y.G. 1969. Function and gross morphology in fish. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem (Traduit du Russe.) TT 67-51391.
- Barbault, R. 1981. Ecologie des populations et des peuplements: des théories aux faits. éd. Masson, Paris. 200 p.
- Batty, R.S. 1984. Development of swimming movements and musculature of larval herring (Clupea harengus). J. Exp. Biol. 110: 217-229.
- Bitterlich, G. 1985. The nutrition of stomachless phytoplanktivorous fish in comparison with Tilapia. Hydrobiology 121: 173-179.
- Blaxter, J.H.S. 1986. Development of sense organs and behaviour of teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance. Trans. Am. Fish. Soc. 115(1): 98-114.
- Charnov, E.L. 1976. Optimal foraging: attack strategy of a mantid. Am. Nat. 110:141-151.
- Cloarec, A. 1982. Stratégies de sélection des proies. C.N.R.S. E.R.A. 489, Université Rennes, 25 p.
- Colwell, R.K. et D.J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breath and overlap. Ecology 52: 567-576.
- Cornell, H. 1976. Search strategies and the adaptive

- significance of switching in some general predators.
Am. Nat. 110:317-320.
- Davidson, R.J. 1986. Mussel selection by the paddle crab
Ovalipes catharus: evidence of a flexible foraging
behaviour. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 102:281-299.
- Delbeek, J.C. et D.D. Williams. 1988. Feeding selectivity
of four species of sympatric stickleback in brackish-
water habitats in eastern Canada. J. Fish. Biol. 32:
41-62.
- Diamond, J.M. 1978. Niche shifts and the rediscovery of
interspecific competition. Am. Sci. 66: 322-331.
- Gatz, A.J., Jr. 1979. Ecological morphology of freshwater
stream fishes. Tulane Stud. Zool. Bot. 21:91-124.
- Gibson, R.N. et I.A. Ezzi. 1987. Feeding relationships of a
demersal fish assemblage on the west coast of Scotland.
J. Fish. Biol. 31: 55-69.
- Gosline, W.A. 1971. Functional morphology and
classification of teleostean fishes. Univ. Press of
Hawai, Honolulu.
- Hangelin, C. and I. Vuorinen. 1988. Food selection in
juvenile three-spined sticklebacks studies in relation
to size, abundance and biomass of prey. Hydrobiologia.
157:169-177.
- Heller, R. 1980. On optimal diet in a patchy environment.
Theor. Popul. Biol. 17: 201-214.
- Hinterleitner, S., U. Platzner et W. Wieser. 1987.

- Development of the activities of oxidative, glycolytic and muscle enzymes during early larval life in three families of freshwater fishes. J. Fish. Biol. 30(3): 315-326.
- Huh, S-H. et C.L. Kitting. 1985. Trophic relationships among concentrated populations of small fishes in seagrass meadow. J. Exp. Biol. Ecol. 92: 29-43.
- Hume, J.M.B. et T.G. Northcote. 1985. Initial changes in use of space and food by experimentally segregated populations of dolly varden (salvelinus malma) and cutthroat trout (Salmo clarki). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:101-109.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17: 411-429.
- Ibrahim, A.A. et F.A. Huntingford. 1988. Foraging efficiency in relation to within-species variation in morphology in three-spined stickleback, Gasterosteus aculeatus. J. Fish. Biol. 33: 823-824.
- Kanep, S.V. 1971. Some aspects of the functional morphology of the lake pelyad [Coregonus peled (Gmelin)]. J. Ichthyology 11: 855-866.
- Keast, A. 1978. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. Env. Biol. Fish. 3(1):7-31.
- Keast, A. et D. Webb. 1966. Mouth and body form relative to

- feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. J. Fish. Res. Board Can. 23(12): 1845-1867.
- Lammens, E.H.R.R., H.W. de Nie, J. Vijverberg et W.L.T. van Densen. 1985. Resource partitioning and niche shifts of bream (Abramis brama) and eel (Anguilla anguilla) mediated by predation of smelt (Osmerus eperlanus) on Daphnia hyalina. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1342-1351.
- Lavin, P.A. et J.D. McPhail. 1986. Adaptive divergence of trophic phenotype among freshwater populations of the threespine stickleback (Gasterosteus aculeatus). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2455-2463.
- Lawrence, S.G., D.F. Malley, W.J. Findlay, M.A. MacIver et I.L. Delbaere. 1987. Method for estimating dry weight of freshwater planktonic crustaceans from measures of length and shape. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 (Suppl. 1): 264-274.
- Linton, L.R., R.W. Davies et F.J. Wrona. 1981. Resource utilization indices: an assessment. J. Anim. Ecol. 50: 283-292.
- Luczkovich, J.J. 1988. The role of prey detection in the selection of prey by pinfish Lagodon rhomboides (Linnaeus). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 123: 15-30.
- Magnan, P. et G.J. FitzGerald. 1982. Resource partitioning between brook trout (Salvelinus fontinalis Mitchill)

and creek chub (Semotilus atromaculatus Mitchill) in southern Quebec. Can. J. Zool. 60: 1612-1617.

----- . 1984. Mechanisms responsible for the niche shift of brook charr, Salvelinus fontinalis Mitchill, when living sympatrically with creek chub, Semotilus atromaculatus Mitchill. Can. J. Zool. 62: 1548-1555.

Main, K.L. 1987. Predator avoidance in seagrass meadows: prey behavior, microhabitat selection and cryptic coloration. Ecology 68: 170-180.

Mark, M., R. Hofer and W. Wieser. 1987. Diet spectra and resource partitioning in the larvae and juveniles of three species and six cohorts of cyprinids from a subalpine lake. Oecologia. 71: 388-396.

Moyle, P.B. et J.J. Cech Jr. 1982. Fishes, An introduction to ichthyology. Prentice-Hall inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 593 p.

Nie, N., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner et D.H. Bent. 1975. Statistical package for the social sciences. Mc Graw-Hill éd.. New-York. 675 p.

Nilsson, N.-A. 1960. Seasonal fluctuations in the food segregation of trout, char and whitefish in 14 North-Swedish lakes. Inst. Freshwater Res. Drottningholm Rep. 41: 185-205.

----- . 1963. Interaction between trout and char in Scandinavia. Trans. Am. Fish. Soc. 92: 276-285.

- Norusis, M.J. 1983. Introductory Statistics Guide SPSS-X. Mc Graw-Hill Book ed., New-York. 276 p.
- Paine, M.D., J.J. Dodson et G. Power. 1982. Habitat and food resource partitioning among four species of darters (Percidae: Etheostoma) in a southern Ontario stream. Can. J. Zool. 60: 1635-1641.
- Post, J.R. and D. Cucin. 1984. Changes in the benthic community of a small precambrian lake following the introduction of yellow perch, Perca flavescens. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1496-1501.
- Pykes, G.H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. Ann. Rev. Ecol. Syst. 15: 523-575.
- Rajasilta, M. et I. Vuorinen. 1983. A field study of prey selection in planktivorous fish larvae. Oecologia 59:65-68.
- Ross, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: A review of field studies. Copeia 2: 352-388.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51: 408-418.
- 1982. The controversy over interspecific competition. Am. Sci. 70: 586-595.
- Schutz, D.C. et T.G. Northcote. 1972. An experimental study of feeding behavior and interaction of coastal cutthroat trout (Salma clarki clarki) and Dolly varden (Salvelinus malma). J. Fish. Res. Board Can. 29:

555-565.

- Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Office Rech. Pêch. Can. Bull. no 184.
- Scrimgeour, G. J. et M.J. Winterbourn. 1987. Diet, food resource partitioning and feeding periodicity of two riffle-dwelling fish species in a New Zealand river. J. Fish. Biol. 31: 309-324.
- Sih, A. 1982. Foraging strategies and the avoidance of predation by an aquatic insect, Notonecta hoffmanni. Ecology 63: 786-796.
- Sokal, R.R. et F.J. Rohlf. 1981. Biometry. 2^e ed. W.H. Freeman and Co., San Francisco.
- Toft, C.A. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. Copeia 1985: 1-21.
- Tremblay, S. 1987. Impact du meunier noir (Catostomus commersoni Lacépède) sur les populations d'ombles de fontaine (Salvelinus fontinalis Mitchill): Dynamique des interactions entre deux espèces taxinomiquement distantes. Thèse de maîtrise, Univ. du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada. 61 p.
- Tyler, A.V. 1972. Food resource division among northern, marine, demersal fishes. J. Fish. Res. Bd. Canada 29: 997-1003.
- Wallace, R.K., Jr. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Trans. Amer. Fish. Soc. 110: 72-76.
- Walsh, G. et G.J. FitzGerald. 1984 a. Biais inhérents à

l'analyse de l'alimentation des poissons cas de trois espèces d'épinoches (Gasterosteidae). Naturaliste can. 11: 193-202.

----- . 1984 b. Resource utilization and coexistence of three species of sticklebacks (Gasterosteidae) in tidal salt-marsh pool. J. Fish. Biol. 25: 405-420.

Webb, P.W. 1984. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates. Amer. Zool. 24: 107-120.

Werner, E.E. 1974. The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1531-1536.

Werner, E.E. et D.J. Hall. 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by bluegill sunfish (Lepomis macrochirus). Ecology 55: 1042-1052.

Werner, E.E. et D.J. Hall. 1976. Niche shifts in sunfishes; experimental evidence and significance. Science 191: 404-406.

----- . 1977. Competition and habitat shift in sunfishes (Centrarchidae). Ecology. 58:869-876.

----- . 1979. Foraging efficiency and habitat switching in competing sunfishes. Ecology 60(2): 256-264.

Werner, E.E., D.J. Hall, D.R. Laughlin, D.J. Wagner, L.A. Wilsman et F.C. Funk. 1977. Habitat partitioning in

- a freshwater fish community. J. Fish. Res. Board Can. 34: 360-370.
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. Second edition W.B. Saunders. Co. Toronto. 753 p.
- Worgan, J.P. et G.J. FitzGerald. 1981. Habitat segregation in a saltmarsh among adult sticklebacks (Gasterosteidae). Environmental Biology of Fishes 6: 105-109.
- Vinyard, G.L. 1980. Differential prey vulnerability and predator selectivity: effects of evasive prey on bluegill (Lepomis macrochirus) and pumpkinseed (L. gibbosus) predation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 2294-2299.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. 620 p.
- Zaret, T.H. et A.S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. Ecology 52: 336-342.

Annexe 1

Equations poids sec-longueur employées pour déterminer le poids des différents taxons retrouvés dans l'environnement et l'alimentation des poissons

| TAXONS | EQUATIONS UTILISEES |
|--------------------|---|
| Cladocères | $\ln \text{ poids } (\mu\text{g}) = \ln 1,04 + 0,90 \ln(\text{longueur } (\text{mm}))^{(1)}$ |
| Ostracodes | |
| Isopodes | |
| Diptères (P) | |
| Diptères (A) | |
| Trichoptères (L) | |
| Hémiptère | $\text{poids } (\text{g}) = -10,78748 + 1,73331 \times \ln(\text{longueur } (\text{mm}))^{(2)}$ |
| Coléoptères | |
| Ephéméroptères (L) | |
| Hydracariens | |
| Mollusques | |
| Plécoptères | |
| Gammaridés | $\text{poids } (\text{g}) = -0,00001 + 0,00004 \times (\text{longueur } (\text{mm}))^{(3)}$ |
| Chironomidés (L) | $\text{poids } (\text{g}) = -0,00037 + 0,00015 \times (\text{longueur } (\text{mm}))^{(3)}$ |
| Ceratopogonidés | $\text{poids } (\text{g}) = -0,00021 + 0,00005 \times (\text{longueur } (\text{mm}))^{(3)}$ |
| Poissons | $\text{poids } (\text{g}) = -0,00082 + 0,00026 \times (\text{longueur } (\text{mm}))^{(3)}$ |

⁽¹⁾ Equation tirée de Lawrence et al. (1987).

⁽²⁾ Equation tirée de Tremblay (1987).

⁽³⁾ Equations calculées par Serge Tremblay, communication personnelle.

Annexe 2

Facteurs abiotiques relevés à chacune des périodes d'échantillonnage à l'été 1988. Baie de Yamachiche, lac Saint-Pierre.

| PARAMETRES | PERIODES D'ECHANTILLONNAGE | | | |
|----------------|----------------------------|---------|----------|-------------------|
| | 30 MAI | 28 JUIN | 27 JUIL. | 25 AOUT |
| Température | | | | |
| air (°C) | 20,0 | 12,0 | 24,0 | 19,0 |
| eau (°C) | 15,0 | 17,0 | 19,0 | 16,0 |
| Ensoleillement | nuageux | nuageux | nuageux | soleil nuageux |
| Vent | nul | moyen | faible | faible |

Annexe 3

Comparaisons des densités moyennes, nombre par mètre carré (± 1 ET entre parenthèse), pour la totalité de la ressource benthique et pour chacun des neuf taxons d'invertébrés composant cette ressource et se retrouvant dans l'alimentation des poissons, au cours de l'été 1988, à la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre.

| TAXONS | MOIS | | | | F | P |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|
| | Mai (\bar{x}/m^2) | Juin (\bar{x}/m^2) | Juil. (\bar{x}/m^2) | Août (\bar{x}/m^2) | | |
| Chironomidés (L) | 47,62 ^a (65,97) | 380,95 ^c (200,78) | 1225,11 ^b (289,36) | 8290,50 ^a (2477,95) | 55,94 | <0,001 |
| Mollusques | - | 405,26 ^a (296,22) | 264,07 ^b (281,63) | 12,99 ^c (20,91) | 19,34 | <0,001 |
| Ostracodes | - | - | 34,63 ^a (44,71) | 25,97 ^a (58,44) | 4,31 | 0,011 |
| Cératopogonidés (L) | 8,66 (27,38) | 8,66 (18,25) | 30,30 (45,86) | 38,96 (59,32) | 1,21 | 0,320 |
| Ephéméroptères (L) | 8,66 (18,25) | 8,66 (18,25) | 47,62 (47,64) | 25,97 (36,51) | 2,07 | 0,122 |
| Baenariidés | 8,66 (18,25) | 17,32 (22,35) | 43,29 (45,63) | 43,29 (57,72) | 1,45 | 0,244 |
| Diptères (P) | 4,33 ^b (13,69) | 8,66 ^b (27,38) | 47,62 ^a (55,70) | 60,61 ^a (79,56) | 3,06 | 0,040 |
| Diptères | 4,33 (13,69) | - | - | 8,66 (18,25) | 2,07 | 0,122 |
| Hémiptères | - | 4,33 (13,69) | 8,66 (18,25) | 4,33 (13,69) | 0,71 | 0,555 |
| Totalité de la ressource | 90,90 ^c (74,84) | 839,90 ^b (285,90) | 1701,30 ^b (426,58) | 8519,90 ^a (2549,07) | 88,86 | <0,001 |

Notes

Les moyennes accompagnées d'une lettre identique ne sont pas significativement différentes, tel que déterminé par une ANOVA suivie d'un test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$) sur des valeurs transformées (voir

Annexe 4

Biomasse moyenne par mètre carré (± 1 ET entre parenthèses) pour l'ensemble de la ressource benthique (totalité) et pour chacun des neuf taxons d'invertébrés composant cette ressource et se retrouvant dans l'alimentation des poissons, au cours de l'été 1988, à la baie de Yamachiche au lac Saint-Pierre.

| TAXONS | MOIS | | | |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Mai (x 10 ⁻³) | Juin (x 10 ⁻³) | Juil. (x 10 ⁻³) | Août (x 10 ⁻³) |
| Chironomidés (L) | 8,65 (12,50) | 73,51 (60,17) | 66,70 (32,03) | 455,41 (109,96) |
| Mollusques | - | 50,43 (32,46) | 18,50 (19,20) | 4,65 (7,41) |
| Ostracodes | - | - | 0,87 (1,30) | 0,87 (1,30) |
| Cératopogonidés (L) | 1,29 (4,32) | 0,43 (1,29) | 0,43 (0,40) | 0,87 (2,16) |
| Ephéméroptères (L) | 2,16 (4,32) | 3,46 (7,35) | 14,28 (22,51) | 5,62 (8,23) |
| Gammaridés | 3,89 (8,22) | 8,66 (12,98) | 2,16 (3,03) | 17,74 (22,07) |
| Diptères (P) | 3,89 (12,10) | 0,87 (3,03) | 8,23 (10,80) | 11,25 (13,85) |
| Diptères | 6,93 (21,64) | - | - | 10,38 (21,64) |
| Hémiptères | - | 3,89 (12,12) | 1,73 (3,90) | 0,87 (3,03) |
| Totalité ⁽¹⁾ | 0,476 (0,523) | 0,222 (0,117) | 0,082 (0,030) | 0,063 (0,007) |

Note

⁽¹⁾ Biomasse relative moyenne